

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS

RAQUEL LOPES CARDOSO

APLICAÇÃO DO INDICADOR DE EFICÁCIA GLOBAL (OEE) DE EQUIPAMENTOS
EM UMA LINHA DE PRODUÇÃO AUTOMATIZADA PARA ANÁLISES CLÍNICAS

BRASÍLIA
2018

RAQUEL LOPES CARDOSO

APLICAÇÃO DO INDICADOR DE EFICÁCIA GLOBAL DE EQUIPAMENTOS EM
UMA LINHA DE PRODUÇÃO AUTOMATIZADA PARA ANÁLISES CLÍNICAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas, da Faculdade de Ciências da Saúde, da Universidade de Brasília, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Farmacêuticas.

Orientadora: Profa. Dra. Yanna Karla de Medeiros Nóbrega
Co-orientador: Prof. Dr. Helder José Celani de Souza

BRASÍLIA
2018

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de ensino, estudo ou pesquisa, desde que citada a fonte.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

LLC268a
a Lopes Cardoso, Raquel
 APLICAÇÃO DO INDICADOR DE EFICÁCIA GLOBAL DE
EQUIPAMENTOS EM UMA LINHA DE PRODUÇÃO AUTOMATIZADA PARA
ANÁLISES CLÍNICAS / Raquel Lopes Cardoso; orientador Yanna
Karla de Medeiros Nóbrega; co-orientador Helder José Celani
de Souza. -- Brasília, 2018.
 74 p.

 Tese (Doutorado - Mestrado em Ciências Farmacêuticas) --
Universidade de Brasília, 2018.

 1. Overall Equipment Effectiveness . 2. Eficácia Global
de Equipamentos. 3. análises clínicas. 4. automação
laboratorial. 5. laboratório. I. Karla de Medeiros Nóbrega,
Yanna, orient. II. José Celani de Souza, Helder, co-orient.
III. Título.

RAQUEL LOPES CARDOSO

APLICAÇÃO DO INDICADOR DE EFICÁCIA GLOBAL DE EQUIPAMENTOS EM
UMA LINHA DE PRODUÇÃO AUTOMATIZADA PARA ANÁLISES CLÍNICAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas, da Faculdade de Ciências da Saúde, da Universidade de Brasília, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Farmacêuticas.

Aprovada em 26 de fevereiro de 2018

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Yanna Karla de Medeiros Nóbrega (UnB)
Presidente

Prof. Dr. Maurício Homem de Melo (UnB)
Membro Interno

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches da Silva (UNIFEI)
Membro Externo

Profa. Dra. Dâmaris Silveira
Suplente

BRASÍLIA
2018

DEDICATÓRIA

Aos meus filhos João Gabriel Cardoso e Arthur Silva Cardoso,
fonte de eterna motivação e amor.

AGRADECIMENTOS

Aos meus amados pais Isauro Natal Cardoso e Marisa Lopes Cardoso, por me oferecerem toda a estrutura necessária para que eu pudesse me dedicar aos meus estudos.

Aos meus amados, João Gabriel, Arthur, José Eduardo, pelo companheirismo, pelo incentivo, motivação e paciência nos momentos em que estive ausente, me dedicando aos estudos e construção minha dissertação.

À minha estimada orientadora Yanna Medeiros, pelo incentivo, compreensão e motivação, em todas as fases deste processo de aprendizagem. Agradeço pela paciência, por ter a doçura e leveza em transmitir seus conhecimentos e experiências com tanto amor. Pelos precisos momentos de conversas e orientações, não somente acadêmicos, mas principalmente de empoderamento das minhas capacidades e habilidades, momentos que me fizeram continuar no objetivo de estudo e prospectar sucesso. Por ter aceitado estar presente em minha vida, não somente como orientadora, mas como *mentoring* e amiga. Levo estes anos, como um presente recebido por Deus, sou grata por tudo que fez por mim.

Ao professor Helder Celani, pelas ricas discussões realizadas ao longo da construção do estudo, pelas valiosas dicas de leitura e recomendações feitas durante o processo de desenho do estudo, coleta de dados, validação dos cálculos e resultados. Agradeço pelo tempo disponibilizado, pela generosidade nos ensinamentos e orientações, sem sua ajuda não seria possível apresentar esta dissertação. Agradeço a sua família por ter permitido e compreendido o tempo dedicado em me ajudar.

Agradeço ao Sabin Medicina Diagnóstica, empresa que estou a 17 anos, que me apoiou em todos os momentos, fomentando a disponibilização de todos os dados necessários para o estudo. Principalmente à Dra. Lídia Abdalla, CEO do grupo, que sempre me incentivou a melhoria contínua. Em especial a Dra. Janete e Dra. Sandra, fundadoras do grupo Sabin, que sempre me motivaram a encarar novos desafios, a aceitar as fragilidades e riscos dos processos, sendo papel fundamental para melhoria contínua e desenvolvimento de uma organização. Ao Dr. Rafael, diretor técnico, pela confiança em permitir a realização deste estudo em sua área.

Aos amigos, Fábio Coury e equipe de engenharia da Siemens, Lígia Adjuto e Ana Carla, pessoas fundamentais na fase de coleta dos dados, sempre dispostas a me ajudar. Obrigada pela generosidade.

RESUMO

CARDOSO, Raquel Lopes. APLICAÇÃO DO INDICADOR DE EFICÁCIA GLOBAL DE EQUIPAMENTOS EM UMA LINHA DE PRODUÇÃO AUTOMATIZADA PARA ANÁLISES CLÍNICAS. Brasília, 2018. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

Overall Equipment Effectiveness (OEE) ou Eficácia Global de Equipamentos (EGE) é uma métrica da melhoria contínua dos equipamentos e processos produtivos aplicada na indústria para a comparação entre unidades produtivas distintas e permitir a melhoria contínua de uma fábrica. Essa metodologia é pouco utilizada na área de saúde, e com o advento das mudanças nos laboratórios de análises clínicas, que vêm se transformando em megalaboratórios com linhas de produção automatizadas semelhantes a uma indústria, sua aplicação poderá auxiliar o entendimento dessas complexas transformações, solucionando a redução de custos e garantindo competitividade no mercado. O presente estudo propõe aplicar e viabilizar o uso do indicador *Overall Equipment Effectiveness* em uma linha de produção automatizada instalada em um laboratório de análises clínicas. Inicialmente foram desenhadas estratégias de coleta de dados que possibilitassem o cálculo fidedigno dos indicadores contribuintes do OEE, Disponibilidade, Desempenho e Qualidade. Foram calculados: tempo total disponível, tempo programado, tempo produzindo, tempo *setup*, tempo de reabastecimento, tempo médio de paradas, tempo de ciclo de produção, produção teórica, produção real, e produtos bons e ruins. Para o cálculo do OEE foram considerados os indicadores contribuintes em porcentagem multiplicados. Os dados foram calculados para dois equipamentos que compõem a linha de produção, o primeiro e o último equipamentos da linha de Imunoquímica (hormônios), respectivamente denominados *ADVIA Centaur XP 1* e *XP 13*, que associados ao equipamento de distribuição de amostras também automatizado, é conhecida como *Aptio®*. Os resultados apontaram uma Disponibilidade de 65,96 % e 64,91 % para os dois equipamentos analisados, o que significa que o laboratório poderá aumentar sua demanda de exames e produzir por mais tempo, com a garantia de que sua linha de produção suporta essa demanda, mas isso também significa ociosidade e custos adicionais para o laboratório neste momento. O Desempenho calculado foi de 33,64 % (34,4 testes/hora) e 27,55 % (18,1 testes/hora) muito abaixo do esperado quando comparado ao descrito pelo fabricante, 100 % que corresponde a 240 testes/hora. Em relação ao indicador Qualidade os resultados revelaram 96,64 % e 98,02 %, refletindo margens de erro pequenas, o que significa que o controle de qualidade e calibrações realizadas em ambos os equipamentos apresentaram bom desempenho e garantem um resultado final correto, o que é refletido no laudo do exame e na segurança do paciente. Esses indicadores multiplicados geraram um OEE de 21,44 % e 17,53 %, muito inferiores aos propostos na indústria por Nakajima, que consideram os valores ideais para Disponibilidade 90,00 %, Desempenho 95,00 % e Qualidade 99,00 %, com OEE de 85 %. Os cálculos dos indicadores contribuintes e do OEE, permitiram analisar e identificar quais as ineficiências presentes na linha de produção do laboratório, bem como evidenciar pontos fortes de seu funcionamento. Tal como na indústria, o OEE aplicado revelou-se uma ferramenta excepcional para o diagnóstico de problemas e ineficiências presentes em linhas de automação laboratorial complexas e difíceis de serem quantificadas por estratégias simples, como o emprego do controle de qualidade interno, que não detectaria todas as falhas que o OEE detectou.

Palavras-Chaves: OEE, *Overall Equipment Effectiveness*, Eficácia Global de Equipamentos, análises clínicas, automação laboratorial, laboratório

ABSTRACT

APPLICATION OF AN OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS INDICATOR IN AN AUTOMATED PRODUCTION LINE FOR CLINICAL ANALYSES. Brasilia, 2018. Master's Dissertation (Master's Degree in Pharmaceutical Sciences) - Faculty of Health Sciences, University of Brasilia, Brasilia, 2018.

Overall Equipment Effectiveness (OEE) is a measurement of continuous improvement for equipment and productive processes applied in industry to allow for comparison between distinct productive units and the continuous improvement of a manufacturing plant. This methodology is seldom used in the health field, and with the changes that are taking place in clinical analysis laboratories, which are turning into mega-laboratories with automated production lines resembling those in industry, its application will be able to help in the understanding of these complex transformations, reducing costs and guaranteeing market competitiveness. The present study proposes to apply and make viable the use of the Overall Equipment Effectiveness indicator installed in a clinical analysis laboratory. Initially, data collection strategies were designed that would make it possible to faithfully calculate indicators that contribute to the OEE, namely Availability, Performance and Quality. The following were calculated: total time available, time programmed, time spent producing, time of setup, time spent reloading, mean time stopped, time of production cycle, theoretical production, real production, and good and bad products. For the calculation of the OEE, the contributing factors were considered in multiplied percentage. The data were calculated for two pieces of equipment that are part of the production line, which were the first and last pieces of equipment in the Immunochemical (hormones) line, *ADVIA Centaur XP 1* and *XP 13*, respectively; these, together with the equally automatized sample distribution equipment, are known as *Aptio®*. The results showed Availability of 65.96 % and 64.91 % for the two pieces of equipment analyzed, which means that the laboratory could increase its demand for tests and produce for longer periods, with the guarantee that its production line would cope with this demand, but this also means idle periods and additional costs for the laboratory currently. The Performance calculated was 33.64 % (34.4 tests/hour) and 27.55 % (18.1 tests/hour), which is well below the expected value when compared to the manufacturer's description of 100 % performance, which corresponds to 240 tests/hour. In relation to the indicator Quality, the results revealed 96.64 % and 98.02 %, reflecting small margins of error, which means that the quality control and calibrations carried out in both pieces of equipment show a good performance and guarantee a correct final result, which is reflected in the clinical analysis report and the safety of the patient. These multiplied indicators generated an OEE of 21.44 % and 17.53 %, far below the values proposed for industry by Nakajima, who considered the ideal values to be 90.00 % for Availability, 95.00 % for Performance and 99.00 % for Quality, with an OEE of 85.00 %. The calculations of the contributing indicators and of the OEE allowed the inefficiencies and strong points present in the laboratory's production line to be analyzed and identified. Just as in industry, the applied OEE was seen to be an exceptional tool for the diagnosis of problems and inefficiencies present in complex automated laboratory lines. These problems would be difficult to quantify by means of simple strategies, such as the use of internal quality control, which would not detect all the faults that OEE did.

Key words: OEE, Overall Equipment Effectiveness, clinical analysis, laboratory automation, laboratory

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tri-dimensionalidade do OEE	25
Figura 2 - A realidade do funcionamento de muitos equipamentos	26
Figura 3 - Custos totais da produção com as perdas “escondidas”	27
Figura 4 - Custos das perdas de produção evidenciados	27
Figura 5 - Fases pré-analítica, analítica e pós-analítica do exame laboratorial.....	33
Figura 6 - Planta baixa da integração dos equipamentos da linha de automação Aptio®	38
Figura 7 - Componentes para cálculo do Indicador OEE.....	42
Figura 8 - Indicador contribuinte Disponibilidade nos Equipamentos da linha de produção	50
Figura 9 - Percentual de Disponibilidade dos equipamentos na linha de produção	50
Figura 10 - Comparação do Indicador contribuinte Desempenho nos Equipamentos da linha de produção.....	51
Figura 11 - Percentual de Desempenho dos equipamentos na linha de produção.....	52
Figura 12 - Número de testes/hora produzidos pelos equipamentos na linha de produção....	52
Figura 13 - Comparação do Indicador contribuinte Qualidade nos Equipamentos da linha de produção	54
Figura 14 - Percentual de Qualidade dos equipamentos na linha de produção	54
Figura 15 - Representação do OEE calculado a partir dos indicadores Disponibilidade, Desempenho e Qualidade	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Informações reais coletadas nos equipamentos da linha de produção para cálculo do OEE	49
---	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Exemplo de indicadores de desempenho utilizados para medir e controlar os objetivos da empresa	20
Quadro 2 - Os seis tipos de perdas e eventos e ocorrências em produção de exames clínicos	29
Quadro 3 - Relação entre as seis grandes perdas e os fatores do OEE.....	30
Quadro 4 - Dados descritos no relatório Event Log e classificados de acordo com a gravidade	45
Quadro 5 - Dados obtidos em cada ferramenta utilizada para coleta de informações dos Indicadores OEE.....	47

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
DF	Distrito Federal
EGE	Eficácia Global de Equipamentos
FSH	Hormônio Folículo estimulante
ISO	International Organization for Standardization
LH	Hormônio Luteinizante
LIS	Sistema de Informações Laboratoriais
LM	<i>Lean Manufacturing</i>
MS	Ministério da Saúde
NBR	Norma Brasileira
NTO	Núcleo Técnico Operacional
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
PALC	Programa de Acreditação de Laboratório Clínico
PSA	Antígeno Prostático Específico
PSA Livre	Antígeno Prostático Específico livre
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
SBPC	Sociedade Brasileira de Patologia Clínica
T3	Tri-iodotironina
T3 Livre	Tri-iodotironina livre
T4	Tiroxina
T4 Livre	Tiroxina livre
TLA	<i>Total Laboratory Automation</i>
TParadas	Tempo de Paradas
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
TProd	Tempo produzindo
TProg	Tempo Programado
TPS	<i>Toyota Production System</i>
TReab	Tempo de Reabastecimento
TSH	Hormônio Tireoestimulante

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1. Histórico e conceitos	15
1.2. Indicadores de Desempenho	18
1.3. Gestão da Qualidade.....	21
1.4. <i>Total Productive Maintenance</i> (TPM).....	22
1.5. <i>Overall Equipment Effectiveness</i> (OEE) ou Eficácia Global do Equipamento (EGE) 	24
1.6. Aplicação do conceito de produção Manufaturada Enxuta em Laboratório de Clínico	32
2. OBJETIVOS	35
2.1. Objetivo Geral.....	35
2.2. Objetivos Específicos	35
3. MATERIAL E MÉTODO	36
3.1. Desenho do Estudo.....	36
3.2. Linha de automação laboratorial estudada.....	36
3.3. Aplicação do Indicador OEE	39
3.3.1. <i>Disponibilidade</i>	39
3.3.2. <i>Desempenho</i>.....	40
3.3.3. <i>Qualidade</i>	41
3.3.4. <i>Cálculo do OEE</i>.....	41
3.4. Coleta de dados para aplicação nos indicadores OEE	42

	14
<i>3.4.1. Dados para o cálculo do indicador contribuinte Disponibilidade</i>	42
<i>3.4.2. Dados para o cálculo do indicador contribuinte Desempenho</i>	46
<i>3.4.3. Dados para o cálculo do indicador contribuinte Qualidade</i>	47
<i>3.4.4. Tempo de Responsabilidade da Equipe de Produção</i>	47
4. RESULTADOS	49
4.1. Disponibilidade	49
4.2. Desempenho	51
4.3. Qualidade	53
4.4. Cálculo do indicador OEE	55
5. DISCUSSÃO	56
6. CONCLUSÃO	60
7. REFERÊNCIAS	62
8. ANEXOS	67
9. APÊNDICE	72

1. INTRODUÇÃO

1.1. Histórico e conceitos

O cenário mercadológico atual vem forçando as empresas a disponibilizar seus produtos ou serviços cada vez com mais agilidade, flexibilidade e preços competitivos. Nesse contexto, a manufatura passa a ter papel fundamental para o atendimento de tais requisitos. Para além disso, a competitividade das empresas depende da disponibilidade e produtividade de seus recursos de produção (BUSSO E MIYAKE, 2013), que passam a ser otimizados quando as empresas compreendem por meio de metodologias disponíveis sua capacidade produtiva.

Entre estas metodologias destacamos a Eficácia Global de Equipamentos (EGE), tradução do termo em inglês, *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), que é uma métrica proposta por Seiichi Nakajima aplicada na indústria com o objetivo de medir o desempenho dos equipamentos, analisar causas de ineficácias e ineficiências da produção, possibilitar a comparação entre unidades produtivas distintas e permitir a melhoria contínua de uma fábrica (NAKAJIMA, 1988). A eficácia de um equipamento na indústria refere-se à sua capacidade de funcionar plenamente com o menor custo total possível (IANNONE E NENNI, 2013).

A nomenclatura OEE é amplamente divulgada na literatura e no meio industrial, e teve origem na *Total Productive Maintenance* (TPM), parte integrante do *Toyota Production System* (TPS). Seu criador Seiichi Nakajima, desenvolveu-o como meio de quantificar não apenas o desempenho dos equipamentos, mas também como métrica da melhoria contínua dos equipamentos e processos produtivos. Com a adoção dos conceitos do TPM por inúmeras empresas japonesas e com o desenvolvimento do *Lean Manufacturing* (LM) no ocidente, o OEE tornou-se o referencial mundial para medição do desempenho dos equipamentos das empresas industriais (IANNONE E NENNI, 2013).

Conforme TSAROUHAS (2007), muitas empresas operam abaixo da sua capacidade devido às perdas no processo produtivo. Estas perdas e outros custos ocultos representam uma boa parcela do total dos custos de produção (DAL; TUGWELL E GREATBANKS, 2000; JONSSON E LESSHAMMAR, 1999) e, por consequência, geram produtos com custos mais elevados e menos competitivos.

O uso do OEE na área de saúde está aplicado pontualmente em escassas publicações na literatura, dentre elas podemos destacar: avaliação da eficiência produtiva de hospitais

(CESCONETTO et al., 2008), e a influência da manutenção dos equipamentos de hemodiálise sobre a eficiência de execução de diálise (AZAR, 2009). E de forma mais específica o emprego do OEE no universo de produção de exames clínicos, é referido em publicações pontuais, como: solicitações de exames laboratoriais que são realizados e não consultados pelos requisitantes, e diminuição do desperdício de reagentes na fase analítica, através da melhora da manutenção preventiva dos equipamentos empregando OEE.

No Brasil, desde a década de 1990, os laboratórios de análises clínicas vêm passando por fusões e criando os chamados megalaboratórios, hoje presentes no mercado brasileiro. Estes ganharam uma dimensão industrial, e passaram a racionalizar custos, consolidando diferentes tipos de análise em um mesmo equipamento, melhorando a gestão de fluxos de trabalho, reduzindo os recursos humanos e aperfeiçoando a qualidade dos processos laboratoriais, através principalmente da automação laboratorial, com o uso de equipamentos e *software* integrados (BOSSUYT et al., 2007).

A similaridade entre o processo produtivo em um megalaboratório e a produção de uma indústria, suscita o uso de linhas automatizadas de trabalho com as dimensões maiores que as que eram usuais em um passado recente. Por essa razão, para acompanhar o crescimento do Núcleo Técnico Operacional (NTO), o laboratório alvo deste estudo, implementou uma grande linha automatizada disponível comercialmente, para o setor de hormônios, chamada *Aptio*® (Siemens® Healthineers, Berlin, Alemanha).

A implantação de uma linha produtiva industrial como o *Aptio*® (Siemens® Healthineers, Berlin, Alemanha), é desafiadora, pois há a necessidade de construção de novo conceito de automação em larga escala no ambiente laboratorial, além de criar a necessidade de redesenhar uma produção mais enxuta, mapear e mitigar todos os pontos de ruptura ou desconexão entre as etapas que envolvem um processo de produção de exames clínicos, integrando o maior número de equipamentos em uma única linha de automação (SIEMENS, 2018).

No *Aptio*® foi preciso caracterizar todas as fases que envolvem o processo de produção de exames clínicos, como entrada e saída de tubos, *racks* e amostras, um sistema de inspeção de tubos, uma unidade de centrifugação, um destampador automático de tubos, um detector de volume de amostra no tubo, um homogeneizador de amostras, um sistema inteligente de armazenamento temporário de amostras, uma ligação entre vários equipamentos iguais e trabalhando simultaneamente, um *software* de distribuição de amostras por

equipamento, e um sistema de interfaceamento com o sistema de laudos do laboratório (SIEMENS, 2018).

A implementação dessa linha de produção, gerou a necessidade de construção de um fluxo de produção dentro de um *Workflow*, quadruplicou a capacidade de produção de exames clínicos no Núcleo Técnico Operacional (NTO) do laboratório, e alinhado ao planejamento estratégico da empresa, possibilitou a adoção de processos sustentáveis a nível ambiental e de crescimento sustentado, sendo econômico-financeiro rentável (INFORMAÇÃO VERBAL).

Para a construção desse *Workflow* na linha de automação laboratorial, foi necessário inicialmente a definição de alguns conceitos, o primeiro a ser definido foi o processo, um conjunto de atividades que visam o mesmo objetivo e possuem pontos de ligação dentro de um *Workflow*. Segundo a *Workflow Management Coalition*, a definição de *Workflow* é: a automação de um processo de negócios, por inteiro ou em parte, durante o qual documentos, informações e tarefas são passadas de um participante para outro por ação, respeitando um conjunto de regras procedurais (WFMC, 2018).

Outro conceito empregado para *Workflow* é o do projeto Wide, que diz que *Workflow* é um conjunto coordenado de atividades (sequenciais ou paralelas) que são interligadas com o objetivo de alcançar uma meta comum; sendo atividade conceituada como uma descrição de um fragmento de trabalho que contribui para o cumprimento de um processo. Assim, pode-se assumir que *workflow* é a divisão de um grande trabalho em várias tarefas menores, com pré-requisitos entre elas, que devem ser respeitados para o avanço da atividade (WIDE, 2018).

Com base nestes conceitos, o laboratório optou por realizar um projeto que agregasse valor a todas as atividades dos processos envolvidos na produção de exames clínicos, motivando toda cadeia de produção em melhoria contínua e mitigação dos riscos que envolvem a segurança do paciente. Com uma cadeia produtiva automatizada, garantindo a entrega de resultados mais precisos e fidedignos, evidenciando a garantia da segurança do paciente, e atendendo as legislações brasileiras. Potencializando a competitividade, entregando para o cliente médico e paciente, resultados em menor tempo, pois o mercado tem exigido que as empresas disponibilizem seus produtos com qualidade, segurança, com o menor prazo possível e menor custo (SILVA et.al., 2016).

Diante deste processo produtivo industrial, a implantação de linha de automação laboratorial foi determinante para a realização deste estudo e para aplicação do indicador OEE nesta atividade laboral tão nobre e diferenciada, que é um megalaboratório de análises clínicas.

1.2. Indicadores de Desempenho

A mensuração de desempenho tem sido adotada há várias décadas para avaliação dos sistemas produtivos. Segundo Tezza, Bornia e Vey (2010), antes mesmo da revolução industrial e do surgimento do paradigma Fordista-Taylorista, medidas de desempenho contábeis já eram utilizadas pelos artesãos. Desde então, diversas abordagens e sistemas para medição de desempenho nos mais diversos níveis, foram desenvolvidos ao longo dos anos.

Taticchi, Tonelli e Cagnazzo (2010) afirmam ainda, que o interesse nestes sistemas cresceu notavelmente nos últimos 20 anos. Gopal e Thakkar (2012) destacam que o foco dos pesquisadores no domínio das medidas e métricas para avaliar o desempenho, melhorou notavelmente a partir de 2000, com novas abordagens e metodologias para mensuração desse indicador. Dentre elas, podem-se destacar importantes contribuições, tais como, *framework* baseado em níveis (GUNASEKARAN; PATEL; TIRTIROGLU, 2001); Seis Sigma (DASGUPTHA, 2003).

De acordo com Ferreira et al. (2008), os indicadores de desempenho são elaborados no sentido de auxiliar aos tomadores de decisão, e avaliar o desempenho de um processo. Jonsson e Lesshammar (1999) e King et al. (2014) vão além, dizendo que é necessário criar um sistema de análise de desempenho para toda a manufatura, e que construa vantagens competitivas. Braglia, Frosolini e Zammori (2009) reforçam que se deve iniciar mensurando o quanto o equipamento/sistema está sendo utilizado em relação ao seu potencial teórico.

A medição de desempenho é um assunto que vem sendo estudado e discutido por diversos autores (KAPLAN E NORTON, 1992; SINK; TUTTLE, 1993; NEELY et al., 1994) e em diferentes seguimentos industriais ou de prestação de serviços. Esses autores destacam que a medição de desempenho é um elemento essencial para gerenciamento do desempenho da empresa, por fornecer informações que ajudam no planejamento e controle dos processos gerenciais e operacionais, possibilitando, ainda, o monitoramento e controle dos objetivos e metas estratégicas.

Neely et al. (1994) sugerem um conjunto de diretrizes para definição dos indicadores de desempenho, dentre as quais destacam-se os seguintes : (a) serem derivadas da estratégia, refletindo seus objetivos e metas; (b) serem simples e de fácil entendimento; (c) serem relevantes e claramente definidos; (d) serem capazes de fornecer informações confiáveis e de fácil coleta dos dados; (e) apresentarem fórmula e procedimento de coleta bem definidos e

explícitos; (f) serem consistentes; e (g) usarem dados, quando possível, que sejam automaticamente coletados como parte do processo.

Parmenter (2002) classifica hierarquicamente os indicadores de desempenho, como: - Indicadores de Desempenho: são obtidos pela união de indicadores chaves de desempenho, como quando se pretende apresentar o desempenho de um departamento; Indicadores de Resultado: da mesma forma, os indicadores de resultado da empresa são junções dos indicadores de desempenho citados acima, com o objetivo de analisar o desempenho global da empresa.

Alguns exemplos de indicadores de resultado segundo Parmenter (2002): satisfação do cliente, participação no mercado, satisfação de funcionários, lucro líquido, retorno de capital aplicado. Indicadores Chave de Desempenho: ocorrem em maior número e podem ser obtidos nos locais onde os processos são executados.

De acordo com Gonçalves (2002) a característica essencial para uma organização é a capacidade de aplicar com sucesso seus indicadores para a medição de seu desempenho, possibilitando um maior conhecimento de seus processos, relacionados com os pontos críticos de sucesso, permitindo uma avaliação contínua da eficiência de seus processos e pessoas. Complementando, a gestão organizacional deve estar embasada na indicação apontada por suas medidas de desempenho.

A gestão por processos (ou gestão interfuncional) e a gestão da rotina do trabalho do dia-a-dia integram horizontalmente as atividades e as funções da empresa em torno do processo de negócio, que agregam valor para a satisfação dos *stakeholders* (clientes, funcionários, acionistas, fornecedores e sociedade). Esses processos de gestão estão, respectivamente, relacionados aos macros e microprocessos da empresa (JURAN, 1993).

Demonstrando de forma macro, a abrangência de alguns indicadores de desempenho, no Quadro 1 estão descritos alguns destes indicadores que podem ser utilizados como estratégias que permeiem por toda a empresa, atendendo ao planejamento estratégico e ao objetivo principal da empresa.

Quadro 1 - Exemplo de indicadores de desempenho utilizados para medir e controlar os objetivos da empresa

<i>Stakeholders</i>	Meios	Indicadores de Desempenho
Cliente	Preço Qualidade Variedade de produtos Rapidez de entrega Confiabilidade no prazo de entrega	-Preço de venda em relação à média da concorrência e custo de produção. -Nível de satisfação dos clientes; número de reclamações e de questionamento dos resultados. -Tempo de atendimento total do cliente (cadastro a entrega do resultado). -Número de pedidos (resultados) entregues no prazo e atraso médio (pontualidade). -Participação de novos exames (produtos) no faturamento e números de lançamentos de novos exames (produtos) no ano
Funcionários	<i>Compliance</i> Segurança do trabalho Remuneração Desenvolvimento/treinamento Crescimento Pessoal e Profissional	- <i>Turnover</i> , número de sugestões aplicadas em relação às propostas e absenteísmo. -Pesquisa de clima -Número de acidentes e horas-homem perdidas por acidente de trabalho. -Remuneração média em relação ao mercado. -Hora gastas com treinamento e número de pessoas treinadas no mesmo período. -Número de benefícios e número de benefícios utilizados por funcionário.
Acionistas	Dividendos Valorização do valor do patrimônio	-Lucro -Valorização das ações da empresa -Crescimento ou permeabilidade baseado no mapa estratégico -Participação do mercado
Fornecedores	Parceria Volume de transações Preço de Compra	-N de pedido recebidos; números de itens fornecidos por um período de tempo e número de devoluções -Porcentagem de participação do fornecedor no total gasto e valor das transações num período -Preço médio do item em relação ao preço médio da concorrência -Tempo médio de pagamento (ciclo econômico) -Número de produtos desenvolvidos em parceria com o fornecedor -Número de contratos ativos -Número de novos fornecedores qualificados -Número da <i>performance</i> do fornecedor
Sociedade	Preservação do meio ambiente Recolhimento de impostos Responsabilidade social	-Número de ocorrências ambientais e valor das multas recebidas -Atraso no recolhimento de impostos -Volume de resíduos tratado -Monitoramento do consumo de recursos não duráveis -Número de melhorias no processo com impacto na redução de recursos não duráveis (água, energia, papel) -Monitoramento do lixo contaminante - Material Biológico, Pérfurocortante, Lixo eletrônico, Pilhas, Lâmpadas. -Número de ações sociais e parceria com instituição de promoção na qualidade de vida, educação e saúde na comunidade em que a empresa está ativa socialmente.

Fonte: Adaptado de MARTINS (2013)

1.3. Gestão da Qualidade

A qualidade, enquanto conceito, evoluiu da adequação ao padrão para a adequação das necessidades latentes dos clientes. Naturalmente a gestão da qualidade acompanhou também esta evolução, deixando de está direcionada principalmente para processos isolados, e passando a ser gestão pela qualidade total, alinhando esta evolução com o planejamento estratégico da empresa, sendo assim, passou a ser fundamental para conquista das vantagens competitivas sobre a concorrência (SHIBA et al., 1993).

A qualidade dos produtos e serviços das empresas está diretamente relacionada à sua sobrevivência no mercado competitivo, pois os clientes estão cada vez mais rigorosos quando o quesito é qualidade. De acordo com Gonçalves et al (2012) que corrobora com Paladini (2012) destacamos que avaliar a qualidade torna-se relevante para o gerenciamento das organizações, e são necessários esforços para criar um modelo adequado para a gestão da qualidade e o desenvolvimento de estratégias para auxiliar o processo de avaliação, e são estes fatores que contribuem para que esta avaliação tenha toda essa importância.

De acordo com o levantamento realizado por Salgado et al (2013) a gestão da qualidade total está voltada para a satisfação do cliente, alcance de alta produtividade e redução de custos, tendo um total controle dos processos utilizados para levar os produtos até o cliente, surgindo assim a necessidade de métodos mais específicos de qualidade para aplicar nas organizações que levaram as normas de padrão de qualidade ISO 9000.

No laboratório clínico, a gestão da qualidade tem papel fundamental não somente da padronização, medição dos processos e sustentabilidade, mas principalmente no monitoramento e garantia da segurança do paciente. As consequências dos erros em laboratórios de análises clínicas podem ser muitas vezes graves, especialmente quando o teste irá definir um diagnóstico, ocasionando resultados falsos positivos, ou ainda falsos negativos. Ambas as circunstâncias colocam em risco a saúde do paciente e produzem custos desnecessários para o sistema de saúde (LIPPI, 2009).

Nesse contexto a necessidade de confiança nos resultados liberados por laboratórios de análises clínicas tem sido considerada uma prioridade, pois os dados produzidos em medicina laboratorial têm uma grande influência na tomada de decisão dos clínicos e no diagnóstico dos pacientes (MACCAY et al., 2009; LIPPI, 2009; SONNTAG, 2009), onde gestão da qualidade, tem como missão a garantia da adequação de toda cadeia de produção logística (coleta, transporte do material biológico e preparo do paciente), cadeia de produção (adequação do

insumos e material biológico, adequação do equipamento e fornecedores de insumos críticos), além da segurança das informações do pacientes.

Para melhor compreendermos as fontes de erros em laboratórios clínicos, primeiro temos que conhecer e analisar as fases e os processos que compõem esse tipo de serviço de diagnóstico. Os testes realizados em um laboratório de análises clínicas passam por uma série de fases (DA RING, 2009; LUNDBERG, 2009).

Estas fases servem para obtenção de um laudo laboratorial que ajudará no diagnóstico do paciente e geralmente iniciam fora do laboratório (DA RING, 2009). A fase pré-analítica inicia-se com a solicitação da análise, passando pela obtenção de informações relevantes dos pacientes, coleta, identificação, armazenamento, transporte e recebimento das amostras biológicas (LUNDBERG, 2009; MS, RDC 302/2005). Além disso, devem-se observar os critérios de aceitação e rejeição dessas amostras, e o laboratório deve ter um sistema de rastreabilidade eficiente destas informações (MS, RDC 302/2005).

A fase pré-analítica finda ao iniciar-se a análise laboratorial propriamente dita. A fase analítica compreende o conjunto de operações utilizado na realização das análises laboratoriais por um determinado método. Os processos envolvidos nesta fase dão continuidade aos iniciados na fase pré-analítica. E finalmente ocorre a fase pós-analítica, que se inicia após a obtenção de resultados válidos das análises, e finda com a emissão do laudo, o qual será interpretado pelo médico solicitante para posterior tomada de conduta frente ao paciente (MS, RDC 302/2005).

Por meio do processo de medição é possível identificar a capacidade da organização e os níveis de desempenho esperados, tanto dos processos operacional quanto do sistema estratégico da empresa. Possibilita, também, identificar as necessidades de *feedback*, o que pode ser melhorado, sobre o que concentra a atenção e onde colocar os recursos (SINK E TUTTLE, 1993).

1.4. Total Productive Maintenance (TPM)

Segundo Moubrey (1997) e Tondato (2004), a manutenção em toda a sua história pode ser descrita por três gerações. Na primeira geração, que teve sua vigência antes da Segunda Guerra Mundial, onde os consertos ou reparos eram simples e a sistemática da manutenção não passava de limpezas superficiais e rotinas de lubrificação. A segunda geração desenvolveu-se no pós-guerra, quando as indústrias se tornaram mais complexas. Neste

contexto surgiu a manutenção preventiva, com o objetivo de melhorar a confiabilidade e a qualidade dos equipamentos.

A terceira geração, surgida na década de 1980, tem transformado as indústrias em gerenciadoras dos seus equipamentos, proporcionando baixos custos de manutenção, diminuição das quebras dos equipamentos e aumento da produtividade e da qualidade dos produtos, através das técnicas do modelo de TPM (MOUBRAY, 1997; TONDATO 2004).

A Manutenção Produtiva Total, conhecida nos meios onde se aplica pela sigla TPM (*Total Productive Maintenance*), pode ser conceituada, segundo Takahashi (2000) como uma campanha que abrange a empresa inteira, com a participação de todo o corpo de empregados, para conseguir a utilização máxima dos equipamentos, utilizando a filosofia do gerenciamento orientado para o equipamento.

Além disso, a TPM está baseada em três pilares principais: manutenção autônoma, melhorias individuais e manutenção planejada (TAKAHASHI, 2000). Assim, de acordo com Moraes (2004), podemos dizer que TPM não é apenas uma política de manutenção, mas sim uma filosofia de trabalho, com extrema dependência do envolvimento de todos os níveis da organização, capaz de gerar um senso de propriedade sobre os equipamentos, sobre o processo e sobre o produto. Ainda segundo o mesmo autor, o conceito de perda zero, que leva a obtenção de resultados imediatos, acaba servindo também como fator motivacional para a continuidade e aceleração da implementação.

Três características importantes podem ser observadas no TPM, conforme relata o estudo de Nakajima (1988): Busca pela economicidade, ou seja, tornar a manutenção uma atividade geradora de ganhos financeiros para a empresa. Essa característica está presente em todas as políticas de manutenção baseadas nos conceitos de prevenção de falhas e na melhoria da confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos; participação voluntária dos operadores de produção nas atividades de manutenção, levados pelo conceito de gerenciamento dos resultados e de atividades de pequenos grupos; e integração e otimização de todas as políticas de manutenção disponíveis, de maneira a promover a melhoria da Eficiência Global dos Equipamentos (OEE).

De acordo com Tondato (2004), o desempenho do programa TPM no chão de fábrica pode ser precisamente medido através dos seguintes indicadores: grau de eficiência dos equipamentos, índices de qualidade de produtos e processos, número de acidentes e grau de incremento na capacidade profissional dos funcionários. À parte de tais indicadores, o TPM

tem um efeito positivo nos métodos de trabalho e no espírito de equipe, elementos vitais para obtenção de uma empresa competitiva.

Nesse sentido torna-se possível relacionar características do TPM com conceitos da filosofia da Manufatura Enxuta, que devem de acordo com Womack (1998) conferir o máximo número de funções e responsabilidades a todos os trabalhadores que adicionam valor ao produto na linha de produção, e adotar um sistema de tratamento de defeitos imediatamente acionado a cada problema identificado, capaz de alcançar a sua raiz.

1.5. Overall Equipment Effectiveness (OEE) ou Eficácia Global do Equipamento (EGE)

Jain, Bhatti e Singh (2014) descrevem o TPM como uma ferramenta eficiente para minimizar as perdas de produção, refugos e retrabalhos, melhorar a eficiência do trabalho e produtividade dos equipamentos e colaboradores. Já, Cigolini e Turco (1997) citam o TPM como uma ferramenta estratégica que abrange o gerenciamento de toda a organização.

Neste cenário, surge o OEE, inicialmente, considerado um indicador de desempenho operacional como suporte para o TPM. Ljungberg (1998), Jonsson e Lesshammar (1999), Braglia, Frosolini e Zammori (2009) e Ahrén e Parida (2009) descrevem o OEE como um indicador chave para medir o desempenho da manufatura e procurar de forma contínua maneiras de reduzir perdas, custos e desperdícios, para operar de modo mais eficiente e atingir o auge da capacidade. King et al. (2014) comentam que se o objetivo é aumentar a produtividade é necessário medi-la, e para isso, o OEE é o indicador ideal.

Para Anvari, Edwards e Starr (2011), Jonsson e Lesshammar (1999) e Tsarouhas (2007) o conceito de OEE está sendo cada vez mais utilizado na indústria para diagnosticar o sistema produtivo, e é usado como um direcionador em um processo de melhoria contínua. Dal, Tugwell e Greatbanks (2000) comentam que o OEE pode ser utilizado de diversas maneiras, como por exemplo, *benchmarking*. Já, Nachiappan e Anantharaman (2006) indicam que o OEE pode ser utilizado como comparativo de desempenho de linhas de produção em uma empresa, além de ferramenta para identificar o equipamento com pior desempenho e dizer onde devem ser focados os recursos do TPM.

Grabill (2012) descreve o OEE como uma ferramenta em que os gestores podem identificar gaps entre o desempenho real e o ideal dos ativos. Dal et al. (2000) indicam que o OEE pode prover informações fundamentais para a tomada de decisão no dia-a-dia, e, que

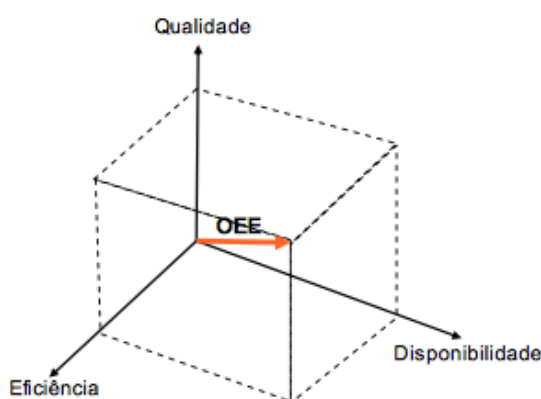
segundo o autor, influenciam a produtividade da empresa, o que pode impactar significativamente no resultado global de negócios.

Para Samuel, Uthiyakumar e Srikamaladevi (2013) o conceito de OEE é fundamental para direcionar a melhoria de desempenho dos negócios, focando qualidade, produtividade e disponibilidade de equipamentos para reduzir quaisquer atividades que não agreguem valor em um ambiente de manufatura enxuta.

Conforme Lanza et al. (2013), o OEE compara o desempenho operacional com o nível potencial do equipamento. O desempenho operacional pode ser maximizado baseado na ideia fundamental de que o potencial ideal é reduzido por diversas perdas. O objetivo do OEE é identificar e eliminar perdas, identificadas por Nakajima como “seis grandes perdas” (*six big losses*).

Eficácia Global de Equipamentos (EGE), tradução do termo em inglês, *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), é um indicador que mede o desempenho de uma de uma forma “tri-dimensional” (Figura 1), possui a finalidade de quantificar o tempo útil de funcionamento e produção do equipamento, a eficiência demonstrada durante o funcionamento, ou seja, a capacidade de produzir na cadência nominal, além de demonstrar a qualidade do produto obtido no processo em que o equipamento está inserido (SILVA, 2013).

Figura 1 - Tri-dimensionalidade do OEE



Fonte: SILVA, 2013

Outros indicadores de desempenho dos equipamentos não têm a abrangência do OEE, por exemplo, quando se focam apenas na eficiência ou no tempo disponível para produzir. Segundo Silva (2013), uma grande parte dos equipamentos empregados na produção diária, é composta por diversos eventos, como Arranque; Ajustes (que para a produção de exames clínicos é a fase de adequação do controle de qualidade interno e calibrações); Avaria

(estabilidade *onboard* dos insumos, principalmente os reagentes são compostos por enzimas ativadas); Mudança de produto (mudança de marca de produtos, sendo utilizados como contingência, sendo necessário a adequação e qualificação de todos o processo de produção de uma exame clinico); Espera de matéria (podendo ser os insumos ou matéria-prima que é o material biológico); Limpeza (são as manutenções preventivas diárias descritas pelo fabricante); Troca de ferramenta (manutenção corretiva); Redução da velocidade (dependerá do perfil de exames realizados pelo equipamento), e a fase de Produção (Figura 2) (SILVA, 2013).

Figura 2 - A realidade do funcionamento de muitos equipamentos



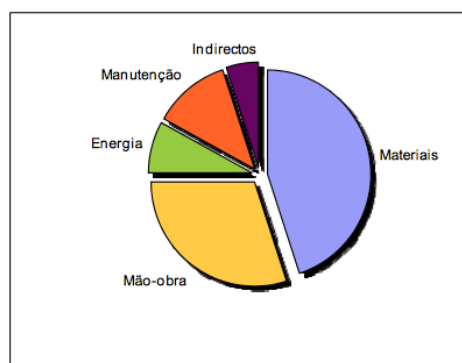
Fonte: SILVA, 2013

Para Silva (2013) a parte do tempo em que o equipamento deveria estar funcionando, mas efetivamente está parado ou a funcionar em condições que não permitem produzir à cadência ideal, gera um impacto negativo na produtividade e nos custos, e frequentemente, esta situação impacta na falta de cumprimento dos prazos de entrega aos clientes.

Os clássicos mecanismos contabilísticos de controlo de custos não refletem a realidade das fábricas. Se o fizessem, certamente a vida dos responsáveis das operações seria muito mais complicada, pois mostraria a “Fábrica Escondida” que existe em todas as linhas de produção, chamando-lhes a atenção para o “Verdadeiro Custo das Paragens” e das perdas em geral Silva (2013).

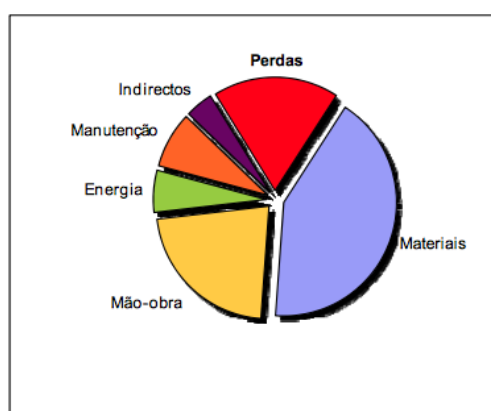
A Figura 3 mostra o conceito clássico da contabilidade de custos da produção, em que o custo das perdas e desperdícios está escondido nos vários componentes de custos. Como existem perdas em todos esses clássicos componentes de custos, a situação real é a representada na Figura 4, com as perdas a atingirem valores, por vezes, muito elevados.

Figura 3 - Custos totais da produção com as perdas “escondidas”



Fonte: SILVA, 2013

Figura 4 - Custos das perdas de produção evidenciados



Fonte: SILVA, 2013

Este cenário descrito por Silva (2013), nos laboratórios de produção de exames clínicos, reflete em muitas das linhas de produção, seja de qual tipo for, automatizada, semi-automatizada ou manual. Este cenário impacta na garantia da segurança do paciente, e o objetivo mais importante da medicina diagnóstica é garantir aos médicos e pacientes um atendimento eficiente e seguro, fornecendo laudos, sejam eles laboratoriais ou de imagem, com resultados rápidos e confiáveis, para posterior tomada de decisão dos médicos em relação à conduta clínica dos seus pacientes.

Estima-se que aproximadamente 70 % de todos os diagnósticos são feitos com base nos testes laboratoriais (PLEBANI, 2004) e que os resultados desses testes são responsáveis por afetar entre 60 a 70 % das decisões sobre a admissão, alta hospitalar e regime terapêutico dos pacientes (FORSMAN, 1996).

Segundo Nakajima, as perdas de produção devidas a problemas relacionados com o equipamento têm três origens: Perdas por causadas pelas paradas não planejadas; Perdas por resultantes do equipamento não funcionando na velocidade/cadência nominal; e Perdas de produto que não cumprem as especificações (SILVA,2013)

A partir destas três origens de perdas, Nakajima definiu as seis principais grandes perdas dos equipamentos produtivos. Trazendo para cenário de produção de exames clínicos, descrevemos no Quadro 2, exemplos de ocorrências que provocam os seis tipos de perdas e suas consequências.

Quadro 2 - Os seis tipos de perdas e eventos e ocorrências em produção de exames clínicos

Perdas	Eventos e Ocorrências	Impacto
Avaria	<ul style="list-style-type: none"> • Avaria mecânica, elétrica ou de outros sistemas que provoquem a interrupção da produção; • Falta de água reagente; • Falha geral do equipamento; • Quebra de peças; • Paradas não planejadas para intervenções de manutenção corretiva; • Falhas de energia. 	Reduzem o tempo disponível para o equipamento produzir ou operar
Mudança, afinação e outros reparos	<ul style="list-style-type: none"> • Mudança de insumo: reagente, controle ou calibrador • Mudança de lote do insumo não programado: reagente, controle ou calibrador • Aquecimento do equipamento, impactando em substituição do insumo: reagente, controle ou calibrador; • Falha no fluxo logístico de material biológico ou do insumo: reagente, controle ou calibrador; • Falha do operador. 	
Pequenas paradas	<ul style="list-style-type: none"> • Limpeza e pequenos ajustes; • Substituição de peças pelo desgaste; • Obstrução no fluxo da <i>probe</i> (agulha) de pipetagem de reagentes e material biológico; • Falha na alimentação de materiais biológicos e insumo: reagente, controle e calibrador; • Substituição de operador; • Verificação e regulação de parâmetros. 	Afetam a eficiência do equipamento, não permitindo que ele funcione no tempo de ciclo nominal
Verificação/ regulação de parâmetros	<ul style="list-style-type: none"> • Funcionamento abaixo da velocidade especificada; • Funcionamento irregular; • Incapacidade do operador em garantir funcionamento regular; • Cadastro de insumo reagente, controle e calibrador inconsistente. 	
Defeitos e retrabalho	<ul style="list-style-type: none"> • Controle de qualidade interno fora das especificações; • Insumo e material biológico fora de especificação; • Resultado do exame fora das especificações ou protocolo de segurança definido pelo laboratório; • Repetição do exame; • Falha na identificação do material biológica e/ou do insumo; • Falha na interface de leitura do código de barras do material biológico; • Falha de comunicação entre os sistemas do equipamento e sistema operacional, impedindo a ordem de produção; • Falta ou Falha de componentes; • Material biológico fora das especificações de qualidade, definido pelo fabricante. 	Reduzem a quantidade de produto que cumpre as especificações à primeira
Perdas de arranque	<ul style="list-style-type: none"> • Insumo reagente, controle e calibrador e material biológico fora das especificações definidas pelo fabricante; • Solicitação de recolta do material biológico; • Repetição do processo de produção do exame clínico, quando o resultado (produto) estiverem fora das especificações definidas pelo laboratório; • Indisponibilidade do operador. 	

FONTE: Adaptado de SILVA (2013)

OEE é um indicador tridimensional, que reflete as principais perdas relacionadas com o equipamento. Mede quanto eficaz é o equipamento e o valor agregado ao produto obtido num processo produtivo (SILVA, 2013).

Segundo Silva (2013) o OEE é um indicador que mede o desempenho de uma forma “tridimensional”, pois considera os seguintes aspectos: quanto tempo útil o equipamento tem para funcionar, ou seja, produzir; a eficiência demonstrada durante o funcionamento, isto é, a capacidade de produzir à cadência normal; e a qualidade do produto obtida pelo processo em que o equipamento está inserido.

Do mesmo modo que as perdas de produção relacionadas com os equipamentos têm três origens, o OEE é composto por três fatores representativos dessas três origens: Disponibilidade, Performance ou Desempenho e Qualidade. Demonstrando a relação dos fatores relevantes para o cálculo do OEE e a relação com as seis grandes perdas descrita por Nakajima (Quadro 3).

Quadro 3 - Relação entre as seis grandes perdas e os fatores do OEE

Seis Grandes Perdas dos Equipamentos	Avaria Mudança, afinação e outras reparos	Pequenas paradas Verificação/ regulação de parâmetros	Defeitos e retrabalho Perdas de arranque
Impacto	Paradas	Perda de Velocidade/Cadência	Defeitos/Qualidade
Consequência	Redução do tempo disponível para produzir	Redução da eficiência do equipamento	Produtos defeituosos ou rejeitados Retrabalho
Fatores do OEE	DISPONIBILIDADE	DESEMPENHO	QUALIDADE

FONTE: Adaptado de Silva (2013)

O conceito de OEE está relacionado a máquina perfeita, ou seja, quanto mais próxima à relação da equação de disponibilidade, desempenho e qualidade estiverem de cem por cento, mais próximo o equipamento estará em seu estado de produção perfeita, mais próximo do “estado da arte” (BRANGLIA, FORSOLINI E ZAMMORIM, 2009)

Segundo SILVA (2013), além de ser um indicador de desempenho, o OEE tem utilidade para quatro finalidades de planejamento da capacidade de produção, controle do processo, melhoria dos processos e cálculo dos custos das perdas de produção. Além disso, o mercado atual vem promovendo mudanças significativas nas organizações, e, com isso, a utilização do Indicador OEE promove ganhos significativos de qualidade e produtividade, pois ajuda a entender melhor como está o desempenho da área de manufatura e a identificar qual é a máxima eficácia possível (SLACK, 2002).

O cálculo de OEE é obtido pela multiplicação dos três fatores numéricos representativos da disponibilidade do equipamento para produzir, do desempenho durante a produção e da qualidade do produto obtido, através da multiplicação dos indicadores constituintes disponibilidade, desempenho e qualidade.

Segundo Hansen (2006), a Eficiência Global dos Equipamentos (OEE), indica a real eficácia do processo (fazer bons produtos na velocidade considerada) no tempo que o equipamento está programado para operar. Ainda de acordo com o mesmo autor o indicador OEE possui três componentes: Disponibilidade, que pode ser definida, conforme a norma ABNT NBR 5462, confiabilidade como a “Capacidade de um item estar em condições de executar certa função em um dado instante ou durante um intervalo de tempo determinado”. Eficiência de Performance ou Desempenho, que almeja a máxima utilização do equipamento, buscando redução ou eliminação de possíveis paradas ou reduções de velocidade. Qualidade, que pode ser caracterizada como a relação entre as quantidades de produtos bons e o total de produtos fabricados buscando a ausência de defeitos ou retrabalhos.

Por conseguinte, segundo Hansen (2006), frequentemente é utilizado um montante considerável de capital para projetar, construir e implementar um sistema de maneira que o produto possa ser feito uniformemente, com alta produtividade e mínimas perdas. A fábrica deve efetivamente entregar o produto a um custo menor do que seria necessário para produzi-lo individualmente. Qualquer instalação industrial deve levar em consideração projeções com relação à eficiência do seu sistema proposto e como ele irá contribuir para o limite operacional. A empresa deve, inclusive, estar atenta ao grau de risco, caso a esperada eficiência não seja alcançada e sustentada.

1.6. Aplicação do conceito de produção enxuta em laboratório de clínico

Slack (2002) destaca que somente através de uma função de manufatura saudável é possível cumprir as metas e objetivos estratégicos definidos pela organização. Sendo assim, a adequada utilização dos ativos fixos das empresas, componentes importantes da manufatura, deve ser priorizada.

Segundo Rago (2003) a manufatura enxuta é uma série de processos flexíveis, que possibilitam a produção ao menor custo, eliminando as perdas. Este sistema produtivo, também possibilita as empresas fabricar uma grande variedade de produtos, conforme pedidos específicos além de entregá-los aos clientes com *lead time* mais curtos.

A Produção enxuta tem como foco otimizar os processos e procedimentos através da redução contínua de desperdícios, como, por exemplo, excesso de inventário entre as estações de trabalho, vazamentos e outros tipos de perdas (RIANI, 2006).

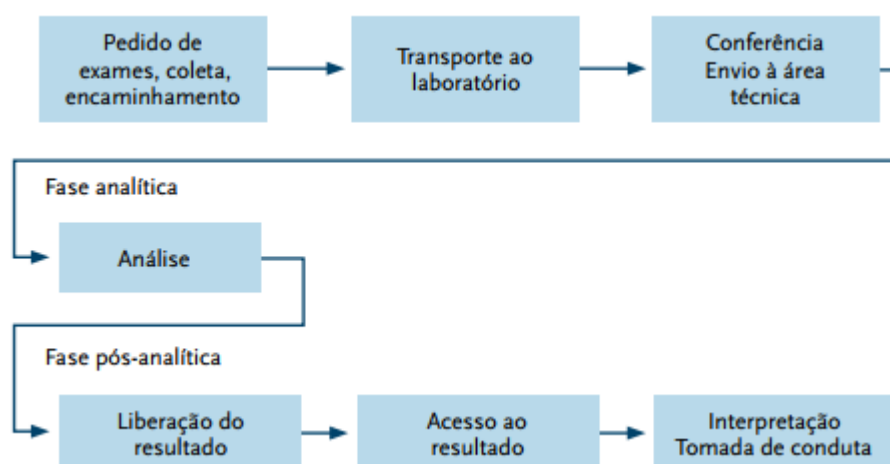
Os objetivos fundamentais da manufatura enxuta são: a otimização e a integração do sistema de manufatura. A organização do ambiente de trabalho como a reformulação dos layouts, definição de locais específicos para armazenagem de materiais em processo e ferramentas, é integração de todas as partes do sistema de manufatura, para otimizar o sistema como um todo. A manufatura enxuta (ME) exige que cada pessoa envolvida no processo produtivo seja educada e treinada para aceitar a responsabilidade pelo nível de qualidade do seu trabalho (RIANI, 2006).

Baseado no conceito de RAGO (2003) E RIANI (2006), a produção de exames laboratoriais clínicas tem a mesma característica de uma produção manufatura enxuta, sendo uma produção bastante complexas, trabalhando com uma grande variedade de produtos, que para produção de exames clínica, o produto é o resultado quantitativo ou qualitativo de cada exame (produtos).

Um dos grandes desafios para produção de exames clínicos, é a garantia da integridade da matéria prima, que é a amostra biologia, sendo necessário o monitoramento, de todos os pontos da cadeia logística e produtiva, garantindo as menores interferências na fase de análise e produção (SBPC, 2014). Fazendo uma comparação com produção industrial, a produção de exames clínicos tem dificuldades de identificar gargalos dentro do processo, assim como desperdícios em todas as fases da cadeia de produção.

A fase na produção de exames clínicos é usualmente segmentada em três etapas (Figura 5), sendo a primeira a pré-analítica – coleta da amostra biológica/matéria prima, preparo e informação do paciente, armazenagem e transporte da amostra biológica/matéria prima; a segunda, a analítica – etapa de produção de exames clínicos que exige garantia de exatidão, previsão dos resultados, checagem e adequação de equipamentos, uso de controles de qualidade internos e externos, abastecimento de equipamentos mediante demanda de produção, manutenções preventivas e corretivas, adequação e garantia de qualidade de todos os insumos necessários para produção. A última etapa é a pós analítica, que considera, em comparação com indústria, a fase do produto acabado, contudo para produção de exames clínicos, tal fase deve garantir que o produto e resultado do exame estejam disponíveis para os clientes, pacientes e médicos de forma precisa e fidedigna (SBPC, 2014).

Figura 5 - Fases pré-analítica, analítica e pós-analítica do exame laboratorial



Fonte: SBPC, 2014

O mercado atual tem exigido que as empresas disponibilizem seus produtos com qualidade, rapidez e menor custo (SILVA et al., 2016). Neste sentido, a disponibilidade e produtividade dos recursos para produção, são peças chaves para que as empresas consigam manter-se competitivas (FEISCHER, WEISMANN E NIGGESCHIMIDT, 2006).

O laboratório clínico estando dentro deste cenário globalizado por qualidade e preços baixos vem causando grandes mudanças no cenário do mercado de saúde no Brasil, tendo como desafio que é sobreviver a constante competitividade aliada à agilidade tecnológica de seus concorrentes, para isso, deve-se ter um cenário adaptativo para diversas situações, pois

desenvolver sistemas eficientes, melhoram a produtividade, e definem padrões para aumentar o nível de serviços, e agregam alguns fatores diferenciais (SLAK, 2002) .

O mercado de saúde não se difere em temas de competitividade do mercado industrial, sendo cada dia mais exigido pelo cliente entrega do produto acabado/resultado em *Lean Time* menor, garantida a qualidade e veracidade dos resultados, com preços baixos. Diante deste cenário, a produção de exames clínicos, deve ser aprimorado de forma constante, mapeando os pontos de desperdícios, tonando cada dia mais uma produção de manufatura enxuta.

Sánchez e Pérez (2001) afirmam que a produção enxuta é a uma estrutura conceitual baseada em poucos princípios e técnicas: times multifuncionais, eliminação de atividades que não agregam valor, melhoria contínua, produção e entrega no momento certo (*Just in time*) e integração com os fornecedores. A produção implica na descentralização das responsabilidades dos colaboradores da linha de produção e decréscimo dos níveis de hierarquia na empresa, este cenário descrito pelos autores, expõe com clareza a produção de exames clínicos, sendo semelhante a uma produção industrial.

O que não pode deixarmos de citar, é que há neste cenário de produção de exames clínicos, a necessidade da garantia da segurança do paciente, sendo então essa a motivação para melhoria continua de toda a cadeia produtiva, além é claro de atender às legislações necessárias.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Aplicar e analisar o uso do indicador Eficácia Global de Equipamento em uma linha de produção automatizada instalada em um laboratório de análises clínicas.

2.2. Objetivos Específicos

Definir o cálculo dos componentes do indicador OEE para analisar oportunidades de melhorias em uma linha automatizada de produção de exames clínicos.

Aplicar o indicador OEE para identificar oportunidades de redução de custos e aumento da segurança do paciente.

3. MATERIAL E MÉTODO

3.1. Desenho do Estudo

O Sabin Medicina Diagnóstica foi escolhido para o estudo de campo por seu potencial de automatização e pelo acesso ao processo produtivo pela mestrandia. Atualmente, a empresa compõe a rede privada de um centro de medicina de diagnóstico, a qual abrange as áreas de análises clínicas, exames por imagem e um centro de imunização/vacinação. Com 213 unidades de coleta e dezenove núcleos técnicos operacionais (NTO), a empresa expandiu-se a partir de Brasília para os seguintes estados brasileiros: Amazonas, Bahia, Distrito Federal, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Pará, Paraná, São Paulo, Santa Catarina, Roraima e Tocantins.

O total de atendimento anual da empresa é de 4,8 milhões de pacientes, e o laboratório realiza 30 milhões de exames nas especialidades de Imuno-Hematologia, Hematologia Clássica, Hormônios, Imunologia, Citogenética, Biologia Molecular, Anatomopatologia, Bioquímica Básica, Parasitologia, Urinálise, Autoimunidade, Microbiologia, Micologia, Agentes Infecciosos, Coagulação, Toxicologia, Medicina Diagnóstica por Imagem e imunização/vacinas.

Por toda essa diversidade de serviços oferecidos, o laboratório é referência no Brasil com certificações de qualidade ISO 9001/2008, ISO 31000/2009, ISO 14001/2004, e o Programa de Acreditação de Laboratório Clínico (PALC).

Em setembro de 2016, o Sabin Medicina Diagnóstica inaugurou sua nova sede em Brasília. Trata-se de um NTO com um conceito aberto e integração dos processos de produção, por meio da automação laboratorial total (*Total Laboratory Automation – TLA*), além de processos semiautomáticos e manuais para atender com celeridade e promover a redução de eventuais erros na cadeia produtiva de exames. Este projeto do laboratório quadruplicou a capacidade de produção de exames clínicos

3.2. Linha de automação laboratorial estudada

A linha de automação para Imunologia e Bioquímica, ou Imunoquímica, integra os seguintes equipamentos analisadores: *ADVIA Centaur XP* (13 equipamentos), *ADVIA 2400* (4 equipamentos), e *Immulites* (6 equipamentos), todos fabricados pela empresa Siemens® (Siemens® Healthineers, Berlin, Alemanha). Esta linha automatizada juntamente com um

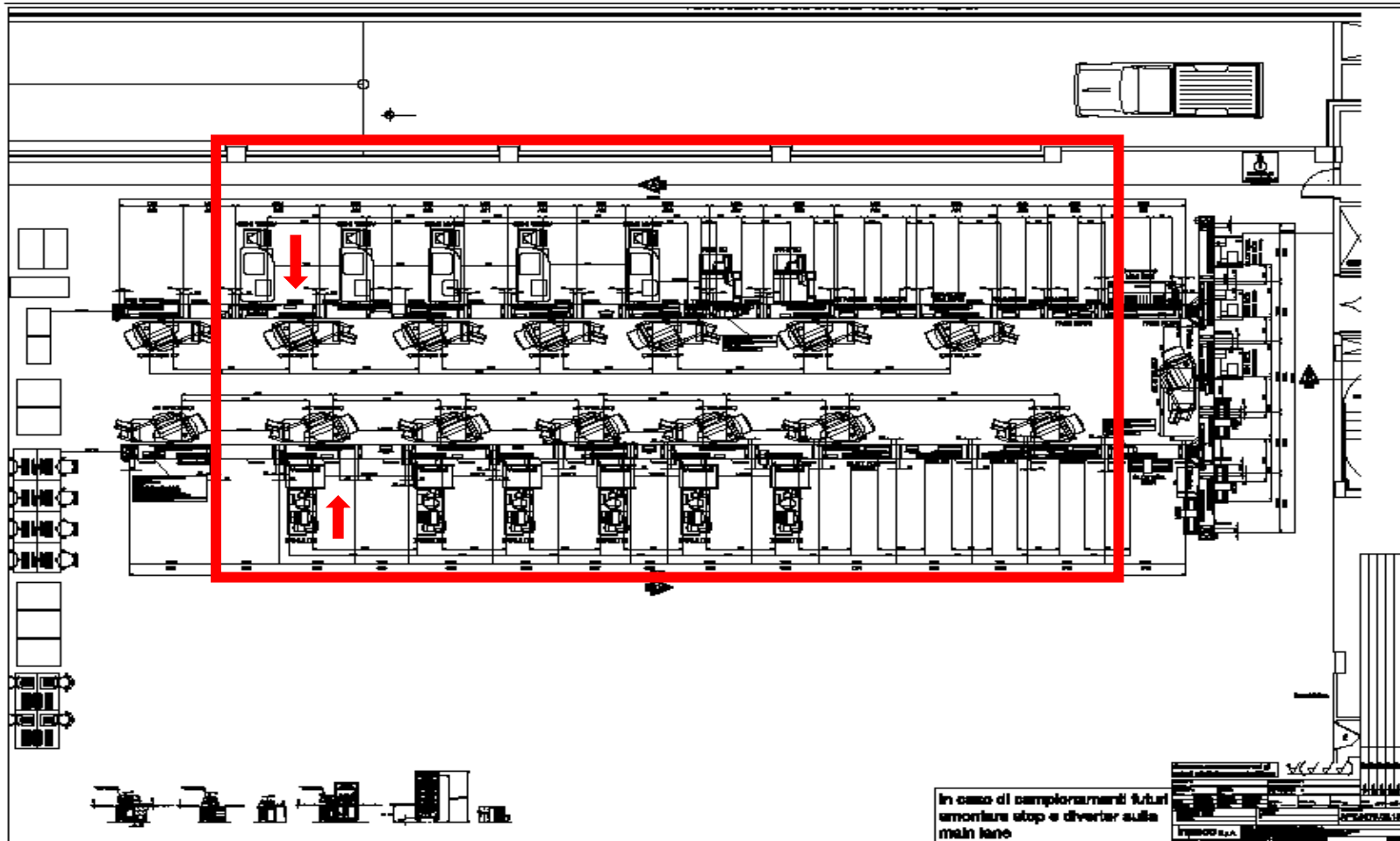
equipamento de distribuição de amostras também automatizado, é conhecida como *Aptio*[®] (EAP2A), de fabricação da Siemens[®] (Siemens[®] Healthineers, Berlin, Alemanha).

De forma mais detalhada, o *Aptio*[®] (Siemens[®] Healthineers, Berlin, Alemanha), contempla então um sistema pré-analítico completo, responsável pela entrada e saída de tubos, *racks* e amostras, um sistema de inspeção de tubos, uma unidade de centrifugação, um destampador automático de tubos, um detector de volume de amostra no tubo, um homogeneizador de amostras, um sistema inteligente de armazenamento temporário de amostras, um *software* de distribuição de amostras para cada um dos equipamentos descritos acima e que compõem a linha produção automatizadas de exames, e por fim, está integrado ao sistema de interfaceamento (LIS) com o *software Shift* de laudos do laboratório. Após quatorze meses de operação do NTO, foi realizado este estudo, durante o mês de dezembro de 2017, para avaliação da performance da automação *Aptio*[®] (EAP2A) para os equipamentos *ADVIA Centaur XP* (Siemens[®] Healthineers, Berlin, Alemanha), unidades um e treze, mais especificamente início e fim da linha de produção automatizada de hormônios.

Os analisadores *ADVIA Centaur XP* (Siemens[®] Healthineers, Berlin, Alemanha), realizam o seguinte perfil de exames hormonais: Cortisol, Ferritina, Hormônio Folículo estimulante (FSH), Tri-iodotironina livre (T3 livre), Tiroxina livre (T4 livre), Tri-iodotironina total (T3 total), Tiroxina total (T4 total), Hormônio Tireoestimulante (TSH) ultrasensível, Antígeno Prostático Específico livre (PSA livre), Antígeno Prostático Específico total (PSA total), Hormônio Luteinizante (LH), Progesterona, Prolactina, Testosterona total, Vitamina B12 e Estradiol.

A dimensão e configuração do NTO do Sabin Medicina Diagnóstica é muito similar à uma linha industrial, conforme mostra a Figura 6 e descrita no texto acima.

Figura 6 - Planta baixa da integração dos equipamentos da linha de automação Aptio®



A seta vermelha superior representa o equipamento *ADVIA Centaur XP1* e a inferior o *ADVIA Centaur XP 13*, o retângulo delimita a área da linha de automação Aptio® completa
Fonte: Sabin Medicina Diagnóstica, NTO 2016

3.3. Aplicação do Indicador OEE

O presente estudo foi realizado nos equipamentos *ADVIA Centaur XP-1* (primeiro da linha de produção) e no *ADVIA Centaur XP-13* (último da linha de produção), de modo que a coleta de dados permitisse as análises da Disponibilidade, do Desempenho e/ou *Performance* e da Qualidade de cada equipamento, selecionados como indicadores contribuintes do cálculo do OEE, o qual fora aplicado na linha de automação laboratorial é mostrado na Figura 2.

3.3.1. Disponibilidade

A disponibilidade evidencia quanto tempo o equipamento produziu em relação ao tempo total disponível para produção, sendo calculado da seguinte maneira (Equação 1):

$$\text{Disponibilidade (\%)} = (\text{Tempo produzindo} / \text{Tempo programado}) \times 100 \% \text{ (Equação 1)}$$

O tempo produzido foi calculado pela equação 2:

$$\text{Tempo Produzido} = T_{\text{Prog}} - T_{\text{Prod}} - T_{\text{Reab}} - T_{\text{Paradas}} \quad \text{(Equação 2)}$$

Onde:

T_{Prog} = Tempo Programado

T_{Prod} = Tempo Produzindo

T_{Reab} = Tempo de Reabastecimento

T_{Paradas} = Tempo de Paradas

No tempo de parada foram incluídos os tempos gastos com a inicialização do equipamento, com a corrida dos Controles de Qualidade e calibrações, e com o tempo de *Setup*. O tempo de *Setup* é referente à manutenção preventiva diária do equipamento com duração média de 4 horas, cuja programação é automática para todos os equipamentos da linha *Aptio®*, com início 2 horas da manhã, horário em que o NTO não está realizando exames, e aproveita o tempo para do analista para realizar os controles de qualidade e calibrações necessárias. Assim sendo, todos os equipamentos iniciam e finalizam as manutenções ao mesmo tempo.

3.3.2. Desempenho

O Desempenho ou *Performance* compara a quantidade produzida de exames em um equipamento, com a quantidade teórica de exames que poderia ter sido realizada enquanto o equipamento estava em funcionamento, independente da qualidade do que foi produzido, sendo calculado pela equação 3:

$$\text{Desempenho \%} = (\text{Quantidade Produção Real} / \text{Quantidade Produção Teórica}) \times 100 \% \quad (\text{Equação 3})$$

Considerando que:

$$\text{Quantidade Produção Teórica} = \text{Tempo Produzindo} / \text{Tempo Ciclo Padrão do equipamento} \quad (\text{Equação 4})$$

E:

$$\text{Quantidade Produção Real} = \text{Tempo Produzindo} / \text{Tempo Ciclo Real} \quad (\text{Equação 5})$$

Então:

$$\text{Desempenho \%} = ((\text{Tempo Produzindo} / \text{Tempo Ciclo Real}) / (\text{Tempo Produzindo} / \text{Tempo Ciclo Padrão})) \times 100 \% \quad (\text{Equação 6})$$

Ou seja:

$$\text{Desempenho \%} = (\text{Tempo Ciclo Padrão} / \text{Tempo Ciclo Real}) \times 100 \% \quad (\text{Equação 7})$$

Simplificando, podemos medir o Desempenho instantâneo do equipamento medindo o tempo ciclo real e comparando com o tempo ciclo padrão.

3.3.3. *Qualidade*

Para este indicador, foi necessário desenvolvermos o conceito de produto bom e ruim aplicado ao laboratório de análises clínicas. Com base nos conhecimentos de manufatura enxuta aplicada ao universo laboratorial, podemos inferir que o produto no laboratório é o resultado quantitativo ou qualitativo de cada exame (RAGO, 2003; RIANI, 2006).

Sendo assim, produtos bons foram definidos como aquele que foram entregues para o paciente expresso no laudo como resultados qualitativos ou quantitativos de cada analito ou exame, conforme os padrões de qualidade definidos pelo laboratório, e que são baseados na literatura, normas e consensos das sociedades científicas. Enquanto, produtos ruins, foram definidos como aqueles produtos ou exames que geraram retrabalho, reanálise dos resultados (repetições), e que não estão em conformidade com os padrões de qualidade definidos pelo laboratório.

$$\text{Qualidade \%} = \left(\frac{\text{Quantidade de Produtos Bons}}{\text{Quantidade de Produtos Bons} + \text{Ruins}} \right) \times 100$$

(Equação 8)

3.3.4. *Cálculo do OEE*

Para o cálculo do OEE (Figura 7), foi considerado a multiplicação entre os valores percentuais encontrados para cada indicador contribuinte, Disponibilidade, Desempenho ou *Performance* e Qualidade (Equação 8).

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidade \%} \times \text{Desempenho \%} \times \text{Qualidade \%}$$

(Equação 9)

Figura 7 - Componentes para cálculo do Indicador OEE

		Tempo Total					
OEE = Disponibilidade * Performance * Qualidade	Disponibilidade = B / A	A	Tempo Programado		Perdas Totais	Horário não planejado	Horário não alocado
		B	Tempo Produzindo	Perdas de Disponibilidade: -Quebra de Máquina -Ociosidade -Setup		Horário de não responsabilidade da equipe de produção	Horário em que fábrica está com as portas fechadas
	Performance = D / C	C	Produção Teórica	Perdas de Performance: -Velocidade reduzida -Pequenas paradas			
		D	Produção Real				
	Qualidade = F / E	E	Boas + Ruins				
		F	Boas			Perdas de Qualidade: -Refugos de Partida -Refugos de Produção	

Fonte: NAKAJIMA (1988)

3.4. Coleta de dados para aplicação nos indicadores OEE

Para o cálculo do indicador OEE, foram empregadas várias ferramentas para a obtenção dos dados dos indicadores contribuintes Disponibilidade, Desempenho e Qualidade, que são mais detalhadamente descritas a seguir:

3.4.1. Dados para o cálculo do indicador contribuinte Disponibilidade

Foram gerados os relatórios *Event Log* e *Test Utilization Data* a partir do relatório do equipamento *ADVIA Centaur XP*, e complementado pelo registro do número de Resultados por Equipamento, o qual fora extraído do *software Shift* - Sistema de Informações Laboratoriais (LIS) do Sabin, conforme mostrado no Quadro 1.

O *software* operacional do equipamento *ADVIA Centaur XP*, chamado *Automated Chemiluminescence System*, monitora todos os acontecimentos ou eventos que ocorrem no sistema, registrando todos os eventos que impactam no funcionamento padrão do equipamento. O registro acontece automaticamente, sem interferência humana, conforme base predefinida de eventos e códigos respectivos. Estes dados são armazenados no *software* do equipamento, estando disponíveis no sistema operacional do equipamento, em um atalho chamado *System – Event Log*, que pode ser consultado pelo operador do equipamento.

O relatório *Event Log*, fornece dados que estão segmentados em categorias, definidas pelo *software* do equipamento de acordo com a gravidade do erro detectado, designado no relatório como *Severity*, e classificados como: evento crítico (*failure*), de advertência (*warning*) e de informação (*information*). Dentro de cada uma dessas categorias, há informações ordenadas por: código (*Code*), evento (*Event*), dados (*Data*), ciclo (*Cycle*) e comentários (*comentats*).

Na categoria gravidade (*Severiy*), estão descritos todos os erros considerados pelo *software* do equipamento como graves ou que de alguma forma impactem no funcionamento normal do equipamento. De acordo com a classificação predefinida pelo fabricante do equipamento: na categoria Críticos (*Failure*), estão descritos acontecimento ou eventos de erros e falhas, que indicam que o sistema deixou de processar amostras, impactando na parada do equipamento. Na segunda categoria nomeada Advertência (*Warning*), indica que existe de um problema com uma subunidade ou consumível, mas o sistema continua a processar amostras, e a terceira e última categoria é nomeada como Informação (*Information*), onde diferentemente das condições de registros das duas categorias anteriores que registram erros ou falhas, esta categoria registra apenas a ocorrência das condições de funcionamento do equipamento.

O registro de informações é relevante para a análise dos dados, pois retratam ocorrências de interferências com relação a qualidade e quantidade da amostra biológica, leitura de código de barra do tubo primário, comunicação de interface, entre outros acontecimentos ou eventos, que podem causar impacto no desempenho do equipamento.

Descrevendo um mapeamento de todos os acontecimentos ou eventos descritos nas categorias definidas pelo fabricante, o estudo mapeou 34 tipos de acontecimentos ou evento incluídos como Críticos, 40 incluídos como Advertência e 51 tipos como Informações. Os relatórios *Event Log* originais, tal como liberados pelo *software* do equipamento estão disponíveis para consulta no anexo 1.

Em cada uma das categorias, há informações ordenadas por: código (*Code*), evento (*Event*), dados (*Data*), ciclo (*Cycle*) e comentários (*comentats*). O Código (*Code*) refere-se a uma sequência numérica específica equivalente a cada acontecimento, erro ou evento designado pelo *software* do equipamento. O Evento (*Event*), traz a descrição do acontecimento ou evento predefinido pelo fabricante. No campo Data (*Date*), é informado a data e horário de cada acontecimento ou evento registrado pelo sistema.

O campo Ciclo (*Cycle*) é o ciclo de identificação até a resolução do problema rastreado pelo *software* do equipamento, o sistema gera automaticamente um *log* expresso através de códigos numéricos de forma única e exclusiva, este código numérico é repetido em todos os acontecimentos ou eventos que compõem o ciclo, ou seja, do início da identificação do

problema até a resolução. Quando rastreado pelo *software* um novo *log* de identificação de problema, é gerado um novo código numérico indicando o acontecimento ou evento que compõem o novo ciclo, registrando o início e fim de um ciclo. No campo Comentário (*Comentats*) o operado pode incluir as causas e ações realizadas em cada ciclo.

Estando com os dados do relatório *Event Log* catalogados, que registra todos os acontecimentos ou eventos enumerados pelo sistema do equipamento, em um período 30 dias, exatamente do primeiro dia útil ao último do mês de dezembro de 2017. Este relatório permitiu, a quantificação do tempo em minutos de cada problema identificado, que impactaram em paradas ou não do equipamento. A estrutura do relatório é registrada por ciclo, sendo assim, permite verificar o início e fim de cada ciclo e eventos registrados, efetivando a veracidade da coleta e análises dos dados.

Os dados coletados a partir do relatório *Event Log*, permitiram então extrair informações fidedignas que precisamente evidenciaram: o tempo efetivo em que o equipamento estava produzindo, o tempo programado para produzir, o tempo necessário para o reabastecimento do equipamento e o tempo de parada previsto em cada ocorrência registrada no relatório. Por essa razão, para análise dos dados criou-se uma planilha dinâmica empregando o *software* Excel® para Windows (Microsoft, Office 2011), classificando as categorias por códigos e eventos, conforme descritas no quadro 4.

Quadro 4 - Dados descritos no relatório Event Log e classificados de acordo com a gravidade

DESCRIÇÃO DOS EVENTOS CRÍTICOS (FAILURE)		DESCRIÇÃO DOS EVENTOS ADVERTÊNCIA (WARNING)		DESCRIÇÃO DOS EVENTOS INFORMAÇÃO (INFORMATION)	
Code	Event	Code	Event	Code	Event
6000505	Ancillary Queue: Ancillary pusher is offline	1300117	Ancillary Reagents: A sensor is not detected in allowed range during the move of the ancillary entry pusher	6000031	System: System is ready
1210108	Sample Queue : Motor home is not known for inprocess queue move	1320117	Cuvette Loader: A sensor is not detected in allowed range during the move of the ring loader	6000001	System: System startup complete
1210117	Sample Queues: A sensor is not detected in allowed range during move of the inprocess queue	2020121	Reagent Probes: The reagent probe vertical move did not complete within the specifications	6000006	System: System power up
1300114	Ancillary Reagents: System sensor failed during the move of the ancillary entry	2120121	Reagent Probe: The reagent probe vertical move did not complete within the specifications	6000020	System: Sample Start button pressed; the system is starting
1400108	Sample Queues: Motor home is not known for sample tip loader move	2220121	Reagent Probes: The reagent probe vertical move did not complete within the specifications	6000021	System: Sample Start button pressed; the system is waiting
1400117	Sample Queues: A sensor is not detected in allowed range during move of the sample tip loader	2300117	Primary Reagents: A sensor is not detected in allowed range during a move of the reagent mixer	6000030	System: System is warming up
2000106	Reagent Probes: Motor location error in firmware during a pack-to-pack move of reagent probe	3000117	Cuvette Loader: A sensor is not detected in allowed range during the cuvette pusher	6000033	System: System is inprocess
2020121	Reagent Probes: The reagent probe vertical move did not complete within the specifications	3010117	Cuvette Loader: A sensor is not detected in allowed range during the move of the cuvette pusher.	6000035	System: System is in diagnostics
3620117	Incubation Ring: A sensor is not detected in allowed range during the move of the incubation ring	3030221	Luminometer: The waste probe move did not complete within the specifications.	6000050	System: Sampling started
3620121	Incubation Ring: The incubation ring move complete within the specifications.	3210217	System Fluids: A sensor is not detected in allowed range during the move of dispense diluter	6000051	System: Sampling complete
3620124	Incubation Ring: The incubation ring move did not complete within the specifications.	3310217	System Fluids: A sensor is not detected in allowed range during the move of the dispense diluter	6000052	System: Sampling canceled
6000053	System: Sampling not started because homing failed	3320217	System Fluids: A sensor is not detected in allowed range during the move of the dispense 2 diluter	6000061	System: System cannot start because a system fluid (acid, base, wash 1 or wash 3) is low or a system fluid bottle is not present
6000101	Cuvette Loader: Cuvette pusher is offline	6000111	Cuvette Loader: Cuvette bin is empty	6000078	System: Turn System off was selected by operator
6000111	Cuvette Loader: Cuvette bin is empty	6000116	Cuvette Loader: Cuvette pusher could not push a standard cuvette because none is available	6000079	System: User interface startup complete
6000201	Sample Queues: Sample inprocess queue is offline	6000117	Cuvette Loader: Cuvette pusher could not push dilution cuvette because none is available	6000080	System: Turn System Mechanics Off was selected by operator
6000223	Sample Queues: Tip loader is offline	6000227	Sample Queues: Duplicate sample rack ID . Rack:	6000081	System: Turn System Mechanics On was selected by operator
6000326	Sample Probe: Sample integrity error Type in Tube:	6000302	Sample Probe: Sample probe cycle failure	6000087	System: RT robotics power up
6000601	Reagent Probes: Reagent probe is offline	6000306	Sample Probe: Sample probe tip detection failure	6000110	Cuvette Loader: Cuvette conveyor stalled.
6000605	Reagent Probes: Reagent probe is offline	6000307	Sample Probe: Sample probe tip verification failure	6000200	Sample Queues: Sample inprocess queue is online
6000801	Incubation Ring: Ring is offline	6000308	Sample Probe: No fluid detected in Tube	6000206	Sample Queues: Tip tray exchange failure because of a sbssembly error
6000913	Aspirate & Wash: Dispense diluter is offline	6000312	Sample Probe: Sample probe firmware detected a clot during aspiration in Tube	6000218	Sample Queues: Stat rack loaded Rack:
6000916	Aspirate & Wash: Dispense 2 diluter is offline	6000313	Sample Probe: Sample probe software detected a clot during aspiration in Tube	6000222	Sample Queues: Tip loader is online
6000919	Aspirate & Wash: Dispense 3 diluter is offline	6000315	Sample Probe: Sample probe software detected a clot during dispense in Tube	6000224	Sample Queues: System loaded a sample tip tray
6000992	System: The system is attempting to recover from a critical error	6000322	Sample Probe: Sample dispense canceled due to Laboratory Automation System queue empty	6000226	Sample Queues: Tube ejected because there was no worklist request
6001324	Waste: Vacuum low	6000323	Sample Probe: Sample dispense canceled due to no tube at aspirate position. Expected Tube	6000327	Sample Probe: Sample integrity error Type 2 in Tube:
6001505	Diagnostics: Home system failed	6000324	Sample Probe: Sample dispense canceled due to wrong tube at the aspirate position. Expected Tube Received Tube	6000508	Ancillary Queue : Ancillary pack was loaded in Position
6001533	Diagnostics: Dark Count with Cuvette failed.	6000326	Sample Probe: Sample integrity error Type in Tube:	6000509	Ancillary Queue : Ancillary pack was ejected from Position
6001549	Diagnostics: Empty & Fill Ring failed during operation	6000327	Sample Probe: Sample integrity error Type 2 in Tube:	6000604	Reagent Probes: Reagent probe is online

6001601	Lab Automation: Lab automation subsystem is offline	6000328	Sample Probe: Sample tube has insufficient fluid for required aspiration for Tube	6000704	Primary Reagents: Reagent mixer door opened
6001605	Lab Automation: No acknowledgement from the lab automation system	6000410	Ancillary Probe: Ancillary probe volume check failure. Product Code-Lot-Serial Number: Position :	6000705	Primary Reagents : Reagent mixer door closed
6001612	Lab Automation: Index Queue command - Response ins invalid because an unexpected was presented	6000633	Reagent Probes: Reagent probe volume check failure. Product Code-Lot-Serial Number:	6000712	Primary Reagents: Reagent barcode scan complete
6001628	Lab Automation: Send SID - Response to the Send SID command was not received within the timeout period.	6000634	Reagent Probes: Reagent probe 2 volume check failure. Product Code-Loest-Serial Number	6000990	Sytem: The System successfully recovered from a critical error
6001702	Maintenance: Maintenance activity not started because homing failed	6000714	Primary Reagentes: Reagent barcode scan failure. Position:	6001502	Diagnostics: Empty Ring completed
7000003	Software: I/O Server process failed	6001601	Lab Automation: Lab automation subsystem is offline	6001504	Diagnostics: Home system completed
		6001619	Lab Automation: Send SID command - Command was ca	6001532	Diagnostics: Dark Count with Cuvette completed.
		6001632	Lab Automation : Add Tube command - ADVIA CENTAUR XP system rejects Tube because the laboratory automation system is offline.	6001543	Diagnostics: Prime System has completed
		6001636	Lab Automation: Add Tube command - Advia Centaur XP system rejects Tube Because teh system is not process samples	6001600	Lab Automation: Lab automation subsystem ins online
		6001705	Maintenance: Maintenance activity cannot start due to current system stare	6001602	Lab Automation: First Tube has arrived
		6001715	Maintenance: Daily cleaning procedure failed and the system is in Cleaning Failed state	6001603	Lab Automation: System Reset Queue command received
		7000017	Software: System lost power while operating	6001609	Lab Automation: Lab automation communication errors occurred while the ADVIA CENTAUR XP system was in the Inprocess state
				6001709	Maintenance: Rinsing started
				6001710	Maintenance: Rinsing complete
				6001713	Maintenance: Daily cleaning procedure satarted
				6001714	Maintenance: Daily cleaning procedure complete
				6001719	Maintenance: Monthly cleaning procedure started
				6001720	Maintenance: Monthly cleaning procedure complete
				6001725	Maintenance: Primw water reservoir started
				6001726	Maintenance: Prime Water from Reervoir to manifolds complete
				6001761	Maintenance: Database maintenance was completed successfully
				7000324	Data Administration: Backup completed

3.4.2. Dados para o cálculo do indicador contribuinte Desempenho

Para encontrar o dado de produção teórica do equipamento foi necessário consultar o manual técnico do equipamento, que descreve as capacidades típicas deste. Por outro para encontrar a produção real do equipamento, a qual reflete o número total de exames de fato realizados, foi utilizado um relatório gerado a partir do *software* do equipamento ADVIA Centaur XP *Automated Chemiluminescence System* nomeado como *Test Utilization Data*, contudo mantendo o mesmo período correspondente aos 30 dias do mês de dezembro de 2017. A estrutura do relatório permite a extração do número de testes gastos com exames de paciente

(produção por amostras biológica), testes consumidos com calibração e controle de qualidade interno (Anexo 2).

3.4.3. Dados para o cálculo do indicador contribuinte Qualidade

Para obter o número de produtos bons, foi gerado um relatório do sistema LIS da *Shift*, na base de produção, que registra os resultados por equipamento e permite quantificar o número de produtos bons. Outro dado coletado deste relatório é o tempo de produção média diária, ou seja, hora de início e fim da produção de exames, que pode ser usado para ratificar o tempo efetivo em que o equipamento estava produzindo (Quadro 5).

Quadro 5 - Dados obtidos em cada ferramenta utilizada para coleta de informações dos Indicadores OEE

Indicadores para Cálculo OEE	<i>Event Log</i>	<i>Test Utilization Data</i>	Registro de Resultados (<i>Shift</i>)	Manual técnico do Equipamento
Tempo Produzido	x		x	
Tempo de Setup	x			
Tempo para Reabastecimento	x			
Tempo Médio de Paradas Diárias	x			
Tempo do Ciclo de Produção				x
Produção Teórica ou Padrão		x		x
Produção Real Diária			x	x
Produtos bons + ruins		x	x	
Produtos Bons		x	x	

3.4.4. Tempo de Responsabilidade da Equipe de Produção

Do tempo total de um equipamento, deve-se considerar para cálculo do OEE apenas o tempo que é de responsabilidade da equipe de produção, ou seja, o tempo que o equipamento produziu efetivamente. Todo tempo não produtivo não entra no cálculo do OEE e deve ser excluído. Então, retirando estes tempos do tempo total, sobra o que chamamos de Tempo de responsabilidade da equipe de produção, que na prática diária do laboratório, é usado para

produzir o que precisa ser produzido, em outras palavras, é o tempo empregado para a realização dos exames, e é com base neste tempo que se calcula o OEE.

4. RESULTADOS

Após o levantamento dos dados empregando as ferramentas evidenciadas no quadro 2, foram analisados os dados que permitiram calcular os indicadores de OEE, tais como: disponibilidade, desempenho e qualidade em cada equipamento (Tabela 1).

Tabela 1 - Informações reais coletadas nos equipamentos da linha de produção para cálculo do OEE

Variável para Cálculo do OEE	Valores ADVIA Centaur XP 1	Valores ADVIA Centaur XP 13	Unidade
Tempo Total Disponível	1.440	1.440	Minutos
Tempo Programado	1.140	1.140	Minutos
Tempo produzindo	752	740	Minutos
Tempo <i>Setup</i>	240	240	Minutos
Tempo de Reabastecimento	112	128	Minutos
Tempo Médio de Paradas Diárias	36	32	Minutos
Tempo de Ciclo de Produção	20	20	Minutos
Produção Teórica ou Padrão	3.008	2.960	Exames/Produtos
Produção Real Diária	1.012	815	Exames/Produtos
Produtos Bons + ruins	39.882	32.664	Exames/Produtos
Produtos Bons	38.542	32.016	Exames/Produtos
Produtos Ruins	1.340	648	Exames/Produtos

Estes dados foram empregados para analisar individualmente cada um dos equipamentos da linha de produção, e também estabelecer comparação entre ambos considerando os três indicadores empregados para o cálculo do OEE: Disponibilidade, Desempenho e Qualidade.

4.1. Disponibilidade

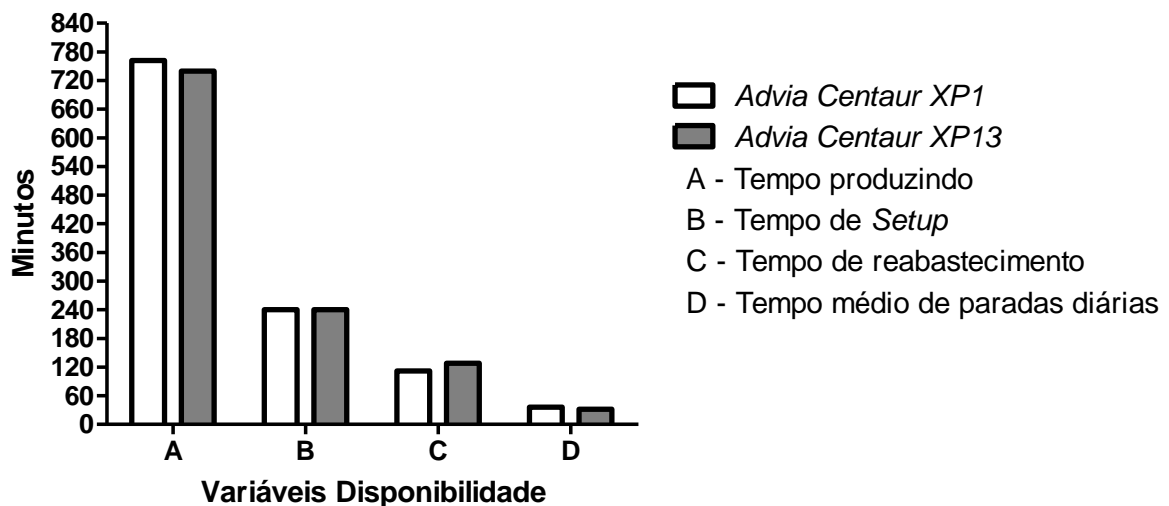
O Tempo Total Disponível para uso do equipamento foi estimado em 1440 minutos (24 h), e o Tempo Produzindo foi de 752 minutos (12,5 h) no *ADVIA Centaur XP 1* e 740 min (12,3h) no *ADVIA Centaur XP 13*. Para o cálculo da Disponibilidade, foi estimado ainda o Tempo Programado 1140 min (19 h), o Tempo de Reabastecimento 113 min (1,88 h) e 128 min (2,13 h), respectivamente para os dois equipamentos, e finalmente o Tempo médio de Paradas Diárias 36 min (0,6 h) e 32 min (0,5 h) (Figura 8).

Considerando que o que reduz o Tempo Produzindo dos equipamentos na área técnica, é Tempo de *Setup*, Tempo de reabastecimento e o Tempo médio de Paradas Diárias, podemos

constatar que, se o Tempo Produzindo aumentar e as demais variáveis se mantiverem, provavelmente maior será a Disponibilidade, ou seja, quanto maior for o Tempo Produzindo, maior será a disponibilidade, e quanto menor a disponibilidade, maior é o tempo que o equipamento ficou ocioso, sem produção de exames.

Como nenhum equipamento de automação seja laboratorial ou industrial trabalha sem que sejam realizados reabastecimentos e manutenções, fica evidente que essa etapa pré-analítica precisa de muita atenção do laboratório para aumentar a Disponibilidade, e conseqüentemente permitir o uso do tempo máximo que o laboratório pode utilizar seus equipamentos para produzir e gerar faturamento com a produção de exames.

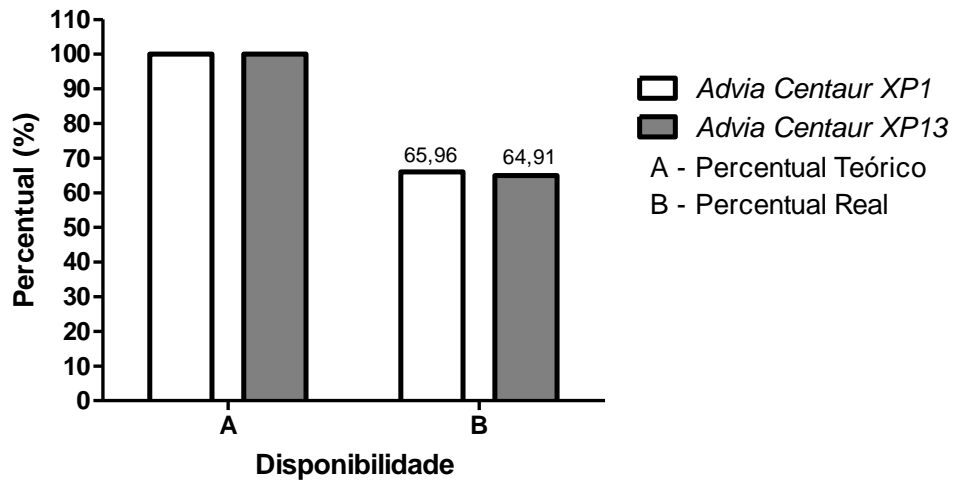
Figura 8 - Indicador contribuinte Disponibilidade nos Equipamentos da linha de produção



Depois de calcular todas os indicadores para a Disponibilidade (Figura 2), finalmente foi calculado o percentual de Disponibilidade (Figura 9), em que os equipamentos *ADVIA Centaur XP 1* e *ADVIA Centaur XP 13*, estão de fato sendo utilizados para a produção de exames. Para o *ADVIA Centaur XP 1*, a Disponibilidade encontrada foi de 65,96 % e para o *ADVIA Centaur XP 13* 64,91 %. Os cálculos referem-se a Equação 1.

Esses dados revelam que a linha de produção *Aptio®*, no que se refere aos equipamentos *ADVIA Centaur XP 1* e *13*, apresentam Disponibilidade para produzir por mais Tempo, e o laboratório poderá aumentar sua demanda de exames com a garantia de que sua linha de produção suporta essa produção. Por outro lado, isso significa ociosidade e custos adicionais laboratório.

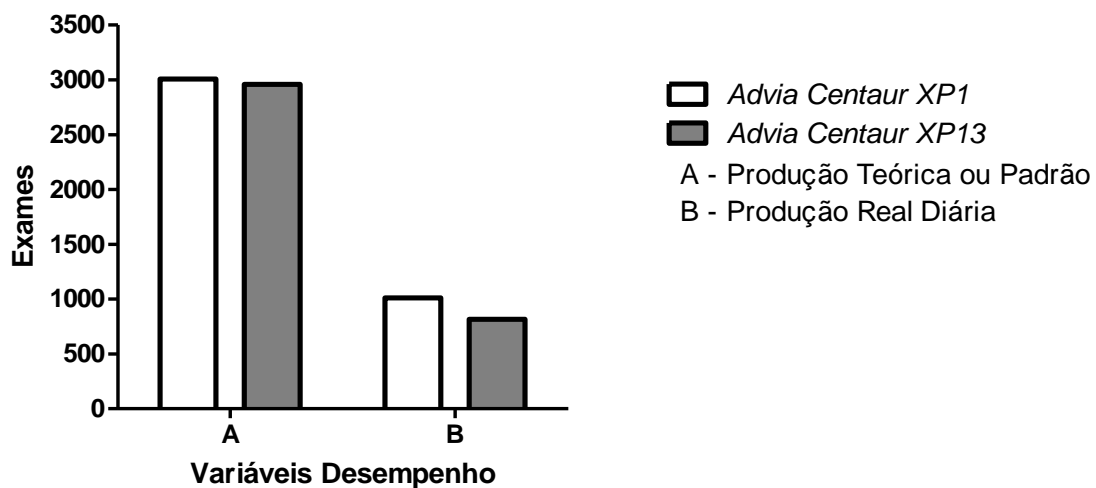
Figura 9 - Percentual de Disponibilidade dos equipamentos na linha de produção



4.2. Desempenho

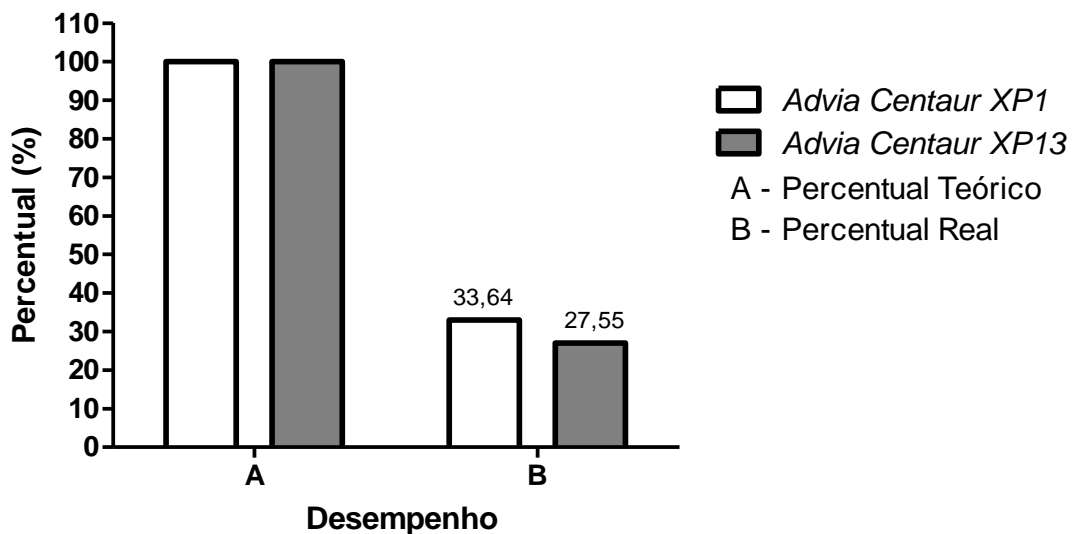
O desempenho representa quão bem o equipamento funcionou enquanto estava produzindo e, está diretamente relacionado com a velocidade de operação do equipamento. Por essa razão, foi preciso calcular a Produção Real Diária e comparar com a Produção Teórica ou Padrão descrita pelo fabricante, conforme citado no 3.3.2. Os resultados revelaram que a Produção Real Diária representa cerca de 1/3 da Produção Teórica descrita pelo fabricante (Figura 10).

Figura 10 - Comparação do Indicador contribuinte Desempenho nos Equipamentos da linha de produção

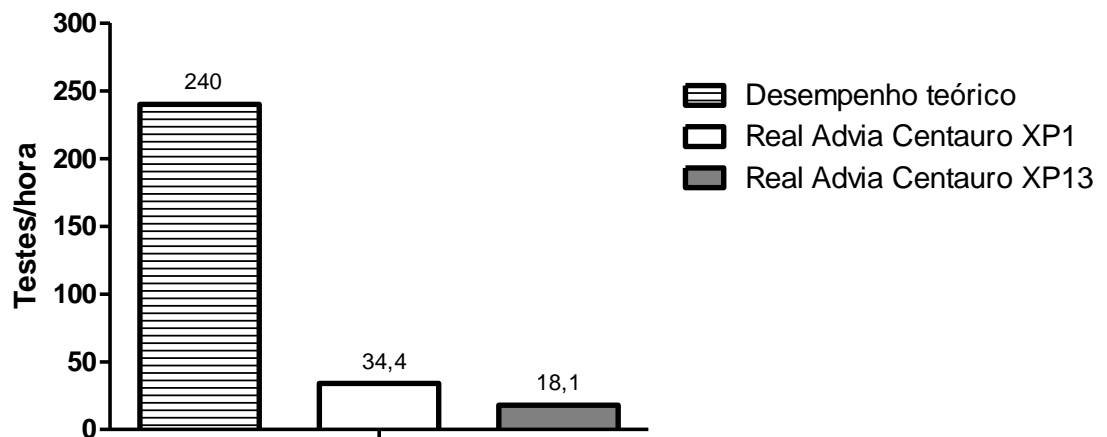


Calculando o percentual de Desempenho dos equipamentos na linha de produção *ADVIA Centaur XP 1* e *13*, encontramos um percentual real de 33,64 % e 27,55 %, respectivamente (Figura 5), que foram calculados empregando a Equação 7. Esses dados evidenciam um Desempenho muito abaixo quando comparado ao descrito pelo fabricante, que é de 240 testes/hora para uma produção teórica de 100 % (Figura 11).

Figura 11 - Percentual de Desempenho dos equipamentos na linha de produção



Para melhor compararmos os dados obtidos com o desempenho descrito pelo fabricante, calculamos o desempenho em testes/hora para cada equipamento. O *ADVIA Centaur XP 1* que apresentou desempenho de 33,64 % está produzindo o equivalente a 34,4 testes/hora, enquanto o *ADVIA Centaur XP 13* com desempenho de 27,55 %, está produzindo 18,1 testes/hora (Figura 12). Esse quantitativo de exames/hora está muito abaixo da produção teórica garantida pelo fabricante, então ou o equipamento está lento demais ou a quantidade de amostras distribuídas por equipamento é muito pequena, corroborando com o indicador Disponibilidade, que revelou que os equipamentos estão trabalhando com uma capacidade inferior à que suportam.

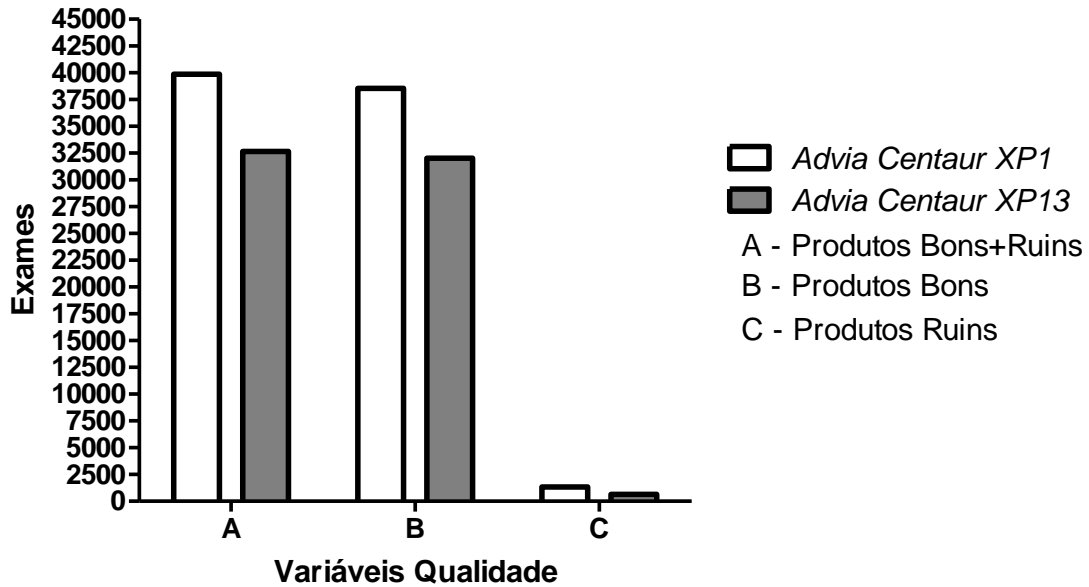
Figura 12 - Número de testes/hora produzidos pelos equipamentos na linha de produção

4.3. Qualidade

O indicador Qualidade está relacionado à produção de resultados fidedignos de exames, compatíveis diretamente com a validação empregada pelo controle de qualidade, o que garante a segurança do paciente. Esses resultados corretos de exames, aqui designados de Produtos Bons, quando comparados a erros associados aos Produtos Ruins, teve um impacto muito pequeno, o que reflete a excelência dos resultados produzidos (Figura 13).

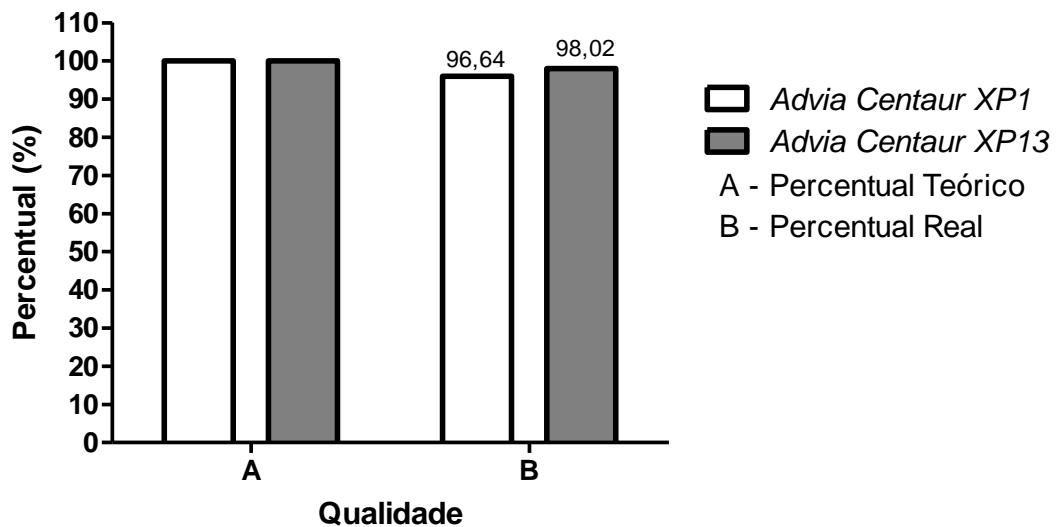
Vale ressaltar, que embora os Produtos Ruins tenham sido pouco produzidos, foram no *ADVIA Centaur XP 1* (1340 exames) e *ADVIA Centaur XP 13* (648 exames), o *ADVIA Centaur XP 1* apresentou aproximadamente o dobro dos produtos ruins em relação ao *ADVIA Centaur XP 13* (Figura 7).

Figura 13 - Comparação do Indicador contribuinte Qualidade nos Equipamentos da linha de produção



Como a Qualidade refletiu margens de erro pequenas (Produtos Ruins), o percentual de Qualidade encontrado para os equipamentos *ADVIA Centaur XP 1* e *13* foi respectivamente 96,64 % e 98,02 % (emprego Equação 8), muito próxima ao máximo que se pode esperar (Figura 14). O que significa que o controle de qualidade e calibrações realizadas em ambos os equipamentos apresentaram bom desempenho, o que garante um resultado final refletido no laudo do exame e conseqüentemente na segurança do paciente, que está recebendo resultados corretos.

Figura 14 - Percentual de Qualidade dos equipamentos na linha de produção

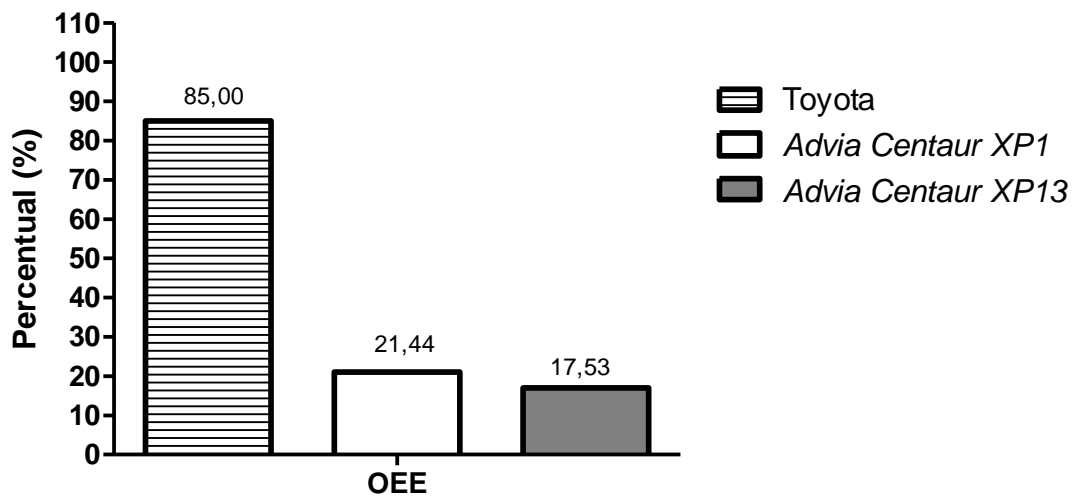


4.4. Cálculo do indicador OEE

Para o cálculo do *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), conforme descrito anteriormente, foi empregado os indicadores Disponibilidade, Desempenho ou *Performance* e Qualidade, medidos através dos dados selecionado para o estudo. Os resultados revelaram uma eficácia na ordem de 21,44 % e 17,53 % (Equação 9), respectivamente nos equipamentos *ADVIA Centaur XP 1* e *13* (Figura 15).

Dados da literatura, como o OEE da Toyota possuem valores de 85,00 % definidos por Seiichi Nakajima, completamente distantes dos valores reais encontrados neste estudo, há que se levar em consideração que estes dados estão sendo descritos como primeira aplicação do OEE em uma linha de automação de exames laboratoriais, e há muito a ser realizado em outros estudos semelhantes que permitam comparações equivalentes.

Figura 15 - Representação do OEE calculado a partir dos indicadores Disponibilidade, Desempenho e Qualidade



5. DISCUSSÃO

A aplicação de uma ferramenta como o *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), metodologia bem empregada na indústria para avaliação e melhoria contínua dos equipamentos de produção industrial (NAKAJIMA, 1988), em uma linha de automação laboratorial complexa, é uma estratégia de estudo ousada e inicialmente sem garantias de funcionalidade.

Esse desafio foi motivado por inovação e pela necessidade real de competitividade no mercado, principalmente no universo das análises clínicas com o surgimento dos chamados megalaboratórios, cujo principal foco está centrado na redução de custos, além da competitividade exigida pelas empresas desse ramo no mercado. Essa competitividade, é dependente da disponibilidade e da capacidade produtiva de suas linhas de produção (BUSSO E MIYAKE, 2013), que no caso dos laboratórios são equipamentos laboratoriais robustos, integrados e automatizados.

O laboratório objeto deste estudo à luz dos nossos conhecimentos pode ser classificado como um megalaboratório brasileiro, está presente em 12 Estados brasileiros, com 213 unidades e 19 Núcleos Técnicos Operacionais (NTO), atendendo a 4,8 milhões de pacientes/ano, realizando 30 milhões de exames em diversas áreas laboratoriais. Para além destas informações, este estudo foi focado apenas na área de Imunoquímica automatizada do NTO Brasília (DF), que produz anualmente 6,4 milhões de exames/ano, o que representa 21,33 % da produção total de exames desta unidade. Como estes dados representam um gargalo vital na viabilidade econômico-financeira da empresa, formulou-se nossa hipótese de estudo (INFORMAÇÃO VERBAL).

Para aplicação dos indicadores OEE em uma linha automatizada de produção de exames, inicialmente foram desenhadas estratégias de coleta de dados que possibilitassem a recolha fidedigna de valores reais, e o cálculo dos indicadores contribuintes Disponibilidade, Desempenho e Qualidade. Esses indicadores em percentuais multiplicados geraram o OEE (NAKAJIMA, 1988).

Segundo os padrões de classe mundial, estabelecidos por Nakajima (1988), os indicadores contribuintes apresentam o seguinte OEE, com Disponibilidade de 90,00 %, Desempenho de 95,00 % e Qualidade de 99,00 %.

Nossos resultados revelaram uma Disponibilidade de 65,96 % para o *ADVIA Centaur XP 1* e 64,91 % para o *ADVIA Centaur XP 13*, muito longe da definida como ideal por Nakajima (1988) 90,00 %, o que evidencia que a linha de automação empregada não está produzindo em sua capacidade máxima, o que foi corroborado por Tsarouhas (2007), que chama atenção para

o fato de muitas empresas funcionarem abaixo de sua capacidade, o que acarreta perdas no processo produtivo e aumentam os custos de produção (DAL; TUGWELL E GREATBANKS, 2000; JONSSON E LESSHAMMAR, 1999).

Esse baixo índice de Disponibilidade, caminha em sentido contrário ao do mercado competitivo laboratorial, que visa a racionalização de custos, agregando o maior número de exames em um mesmo equipamento, otimizando fluxos de trabalho, reduzindo os recursos humanos e aperfeiçoando a qualidade dos processos laboratoriais através da automação (BOSSUYT, et al.,2007). Esse dado revelado no estudo, refletirá na tomada de decisão dos gestores do laboratório, e será muito importante em uma avaliação mais criteriosa por parte do laboratório.

Quando o indicador Desempenho foi avaliado, o *ADVIA Centaur XP 1* apresentou 33,64 % (34,4 testes/hora), enquanto o *ADVIA Centaur XP 13* 27,55 % (18,1 testes/hora), muito longe do padrão de classe mundial estabelecido por Nakajima (1988), que é 95,00 %.

Esse dado revelou que o desempenho dos equipamentos além de muito longe do ideal, está muito distante do padrão de desempenho estabelecido pelo fabricante (240 testes/hora), o que sugere que a linha de automação é grande demais para o quantitativo de exames realizados atualmente pelo laboratório, e que o sistema de distribuição de amostras do *Aptio®* apresenta falha evidente de distribuição de amostras pela linha de automação, uma vez que avaliamos o início e o final da linha automatizada, e comparando o Desempenho do *ADVIA Centaur XP 1* com o 13, evidenciamos que o *ADVIA Centaur XP 13* recebe 50 % menos amostra de exames que o primeiro equipamento da linha.

Este indicador é diretamente influenciado pela demanda de produção, ou seja, pelo número de exames clínicos processados, que por sua vez, é dependente do preparo realizado pelo paciente e que antecede a realização do exame, para que o paciente esteja nas condições ideais padronizadas para método, dessa forma há pouca ou nenhuma interferência da variação biológica (WESTGARD, 2014).

Outro fator de grande impacto, é a cultura comportamental do paciente, que só realiza a coleta de exames no período entre 7:00-11:00h. Além disso, estas amostras biológicas são coletadas em unidades fora do local onde funciona o NTO, sendo necessário o controle logístico de transporte, segmentando a entrega de 30 em 30 minutos, tendo seu maior pico de amostras entregues entre 9:00-11:00 h, sendo assim, as amostras só são disponibilizadas para fase analítica no NTO entre 11:30 e as 14:00 h. Estes fatores acima citados, impactam diretamente no desempenho da linha de produção (INFORMAÇÃO VERBAL).

Diante deste cenário, faz-se necessário um estudo logístico mais aprofundado, que leve em consideração o fator cultural, o preparo do paciente e a metodologia de produção, o que melhoraria o desempenho da linha de produção automatizada, uma vez que, a avaliação dos indicadores de Desempenho auxiliam os tomadores de decisão de uma empresa (FERREIRA et al., 2008), e ao se analisar um sistema de análise de desempenho para toda linha de produção, há a possibilidade de se construir vantagens competitivas (JONSSON E LESSHAMMAR, 1999; KING et al. 2014).

O primeiro passo dessa avaliação, deve ser sempre iniciada medindo quanto o equipamento que está sendo utilizado em relação ao seu potencial teórico (BRAGLIA, FROSOLINI E ZAMMORI, 2009), o que em nosso estudo revelou-se um ponto fraco evidente que gera custos e não está sendo empregado em sua totalidade, e conseqüentemente gera produtos com um custo mais elevado e menos competitivo no mercado.

Em relação ao indicador Qualidade aferido, nossos dados estão muito próximos do ideal estabelecido por Nakajima (1988) que é de 99,00 %, e os dados obtidos foram *ADVIA Centaur XP 1* apresentou 96,64 % e 98,02 % para o *ADVIA Centaur XP 13*. Ainda assim, é possível destacar, que o primeiro equipamento da linha tem um desempenho de qualidade ligeiramente inferior ao último equipamento.

No laboratório clínico, a gestão da qualidade como um todo está relacionada com a padronização, medição dos processos e sustentabilidade, além do monitoramento e garantia da segurança do paciente. As conseqüências dos erros em laboratórios de análises clínicas podem ser muito graves, principalmente se for empregada para definir um diagnóstico e podem colocar em risco a saúde do paciente (LIPPI, 2009).

A qualidade no ambiente laboratorial estende-se pelas três fases que envolvem a gestão da qualidade, a pré-analítica, analítica e pós-analítica, e em cada uma assume estratégias e pré-requisitos fundamentais para a geração de um laudo laboratorial de qualidade, que reflita fidedignamente um resultado verdadeiro (MS, RDC 302/2005).

Todos esses indicadores em conjunto, contribuem para o cálculo do OEE, que para a indústria tem o valor de 85,00 %. Comparando aos dados obtidos em nosso estudo obtivemos um OEE de 21,44 % para o *ADVIA Centaur XP 1* e 17,53 % para o *ADVIA Centaur XP 13*, que correspondem a um valor médio de 19,49 %.

Como nosso estudo é praticamente pioneiro nessa aplicação em saúde, mais precisamente em uma linha de produção automatizada de exames laboratoriais, e há que se considerar fatores de muita relevância já que se trabalha com a vida humana, é difícil assumir como único parâmetro de comparação o OEE da indústria, mas é preciso evidenciar que os

indicadores contribuintes Disponibilidade e Desempenho, puxaram as metas desse indicador para um patamar inferior, demonstrando que enquanto o laboratório clínico olhar apenas para seus indicadores de qualidade, diagnósticos como esse, não poderão demonstrar a aplicabilidade dessa ferramenta neste universo clínico, e gerar redução de custos notórios nessa cadeia de produção.

Em outros modelos de indústria como a vinícola, encontramos um OEE de 66,5 %, onde a pesquisa ressaltou a importância de se conhecer a real eficiência de processo produtivo, e de se identificar os pontos falhos para estabelecer esforços de melhoria na busca pela excelência na produtividade (FLAMIA et al., 2017). Outro estudo em uma usina siderúrgica, realizado em equipamentos do setor da trefilaria o OEE apresentou resultados inicial de 52% em sua primeira medição, após a mapeamento dos pontos de melhoria, e implantação do plano de ação do equipamento, o OEE atingiu 88 % (SANTOS E RIBEIRO, 2017).

A aplicação do método OEE, realizado em um processo de descobertura de carvão mineral de uma mina a céu aberto, os resultados obtidos demonstraram a evolução do índice de rendimento global de um equipamento destinado a realização de atividades associadas ao processo de descobertura de carvão mineral. Na análise, o indicador OEE foi de 70,43 %, após estabelecer um plano de melhoria baseado em categoria de ações para redução das perdas existentes, o indicador atingiu 93,41% após a intervenção (RIBEIRO, PAES E KLEIMANN, 2010).

Esses últimos dados descritos, sugerem que o OEE pode apresentar variações dependentes da atividade desenvolvida, embora após a aplicação do método quando há comparação antes e após a medição do indicador, a tendência é que esse percentual aumente. No nosso estudo o OEE medido é realmente muito abaixo do esperado, o que aponta a necessidade de correções na linha de produção para melhoria desse indicador, principalmente nos seus indicadores contribuintes, Disponibilidade e Desempenho, onde as falhas são mais evidentes. Embora o OEE medido não tenha apresentado o desempenho esperado, isso não deixa de validar o nosso estudo, cujo objetivo inicial foi medir em uma linha de automação laboratorial o OEE, apenas a título de diagnóstico/registro desse evento, pois há pouca literatura publicada nessa área laboratorial.

6. CONCLUSÃO

A Eficácia Global de Equipamentos (EGE) ou *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), que é amplamente divulgado na literatura e muito empregada no meio industrial, foi aplicada em uma linha de produção automatizada instalada em um laboratório de análises clínicas. A partir dos indicadores contribuintes Disponibilidade, Desempenho ou *Performance* e Qualidade, foi possível calcular o indicador OEE, e analisar e identificar quais ineficácias e ineficiências estavam presentes na linha de produção do laboratório, bem como evidenciar pontos fortes de seu funcionamento, através do cálculo de inúmeras variáveis contabilizadas empregadas para obter os valores dos indicadores contribuintes citados acima.

O indicador Disponibilidade revelou que a linha de produção automatizada não está sendo utilizada em sua capacidade total, o que gera custos ao laboratório por não empregar toda a capacidade possível dos equipamentos por um lado, mas por outro, deixa claro para o laboratório, que este poderá fazer expansão do quantitativo de exames, usando a mesma linha de automação, que supriria essa demanda, e isso impactaria diretamente em redução de custos para o laboratório.

Para o indicador Desempenho, ficou muito claro a ineficácia do equipamento em funcionar com sua capacidade plena, os equipamentos analisados estão com um baixo desempenho comparado ao certificado e garantido pelo fabricante, o que sugere que os equipamentos podem estar com número reduzido de amostras para processar ou que há mais causas no processo de automação que podem estar ocasionando essa lentidão no processamento de amostras, como por exemplo, a distribuição de amostras pelo sistema Aptio®. Entretanto, como este estudo comprometeu-se apenas com o diagnóstico atual da linha de automação, seriam necessárias investigações mais detalhadas, que possibilitem intervenções mais específicas direcionadas a corrigir as falhas apontadas neste estudo.

E finalmente o indicador Qualidade, que revelou que os equipamentos apresentam desempenho a contento, funcionando conforme o previsto, o que pode ser comprovado pelos controles de qualidade e calibrações, além dos laudos dos exames realizados, que sem dúvida reforçam a segurança do paciente que realiza exames processados nessa linha de automação laboratorial.

Tal como na indústria, o OEE aplicado revelou-se uma ferramenta excepcional para o diagnóstico de problemas e ineficiências presentes no processo de produção, e difíceis de serem quantificadas por outras Estratégias, como por exemplo, o emprego do controle de qualidade interno, que nesta situação não detectaria falhas. Desta forma, ficou evidente que o emprego do

OEE é excelente em um laboratório de análises clínicas que utilize linhas de automação laboratorial complexas, e que deseje ter controle de custos, bem como otimização de uso de seu parque de produção para dentre outras atribuições reduzir custos e conseqüentemente aumentar lucros.

7. REFERÊNCIAS

ADVIA. ADVIA Centaur XP Immunoassay System Guia do Operador. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/17859231-Advia-centaur-xp-immunoassay-system-guia-do-operador.html>>. Acesso: 08 Dez. 2017.

AHRÉN, T.; PARIDA, A. Maintenance performance indicators (MPIs) for benchmarking the railway infrastructure: a case study. *Benchmarking: An International Journal*, v. 16, n. 2, p. 247-258, 2009.

ANVARI, F.; EDWARDS, R.; STARR, A. **Evaluation of Overall Equipment Effectiveness based on market**. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, v. 16, n. 3, p. 256270, 2011.

AZAR AT. The influence of maintenance quality of hemodialysis machines on hemodialysis efficiency. *Saudi J Kidney Dis Transpl.* Jan; 20(1):49-56, 2009.

BOSSUYT, X. VERWEIRE K; BLANCKAERT N. **Laboratory Medicine: Challenges and Opportunities**. *Clinical Chemistry & Laboratory Medicine*, EUA, v. 53, p. 1730-1733, 2007. Disponível em: <<http://www.clinchem.org/cgi/content/abstract/53/10/1730>>. Acesso em: 10 jan. 2018.

BRAGLIA, M.; FROSOLINI, M.; ZAMMORI, F. Overall equipment effectiveness of a manufacturing line (OEEML): an integrated approach to assess systems performance. *Journal of Manufacturing Technology Management*, v. 20, n. 1, p. 8-29, 2009.

BUSSO, C. M.; MIYAKE, D. I. **Análise da aplicação de indicadores alternativos ao Overall Equipment Effectiveness (OEE) na gestão do desempenho global de uma fábrica**. *Produção*, v. 23, n. 2, p. 205-225, 2013.

CESCONETTO, A.; LAPA, J.S.; CALVO, M.C.M. Avaliação da eficiência produtiva de hospitais do SUS de Santa Catarina, Brasil. *Cad. Saúde Pública*. Rio de Janeiro, v.24, n.10, p. 2407-2417, out, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-311X2008001000021>>. Acesso em: 19 dez. 2018.

CIGOLINI, R.; TURCO, F. Total productive maintenance practices: a survey in Italy. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, v. 3, n. 4, p. 259-272, 1997.

DA RING. Pre-analytical workstations: a tool for reducing laboratory errors. *Clin Chim Acta.* 404(1):68-74, 2009.

DAL, B.; TUGWELL, P.; GREATBANKS, R. Overall equipment effectiveness as a measure of operational improvement: a practical analysis. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 20, n. 12, p. 1488-502, 2000.

DASGUPTHA, T. **Using the six-sigma metric to measure and improve the performance of a supply chain**. *Total Quality Management & Business Excellence*, v.14, n.3, p. 355-66, 2003.

FEISCHER, J., WEISMANN, U.; NIGGESCHIMID, S., 2006, **Calculation and optimisation model for costs and effects of availability relevant service elements**. Proceedings of LCE 2006, 2006.

FERREIRA, M. P.; ABREU, A. F.; ABREU, P. F.; TRZECIAK, D. S.; APOLINÁRIO, L. G.; CUNHA, A.D. **Gestão por indicadores de desempenho: resultados na incubadora empresarial tecnológica**. Produção, v. 18, n. 2, p. 302-318, 2008.

FLAMIA, M. P.; REIS, Z. C.; NODARI, C. H.; GUIMARÃES, L. G. A. **Utilização do overall Line Effectiveness: Um Estudo de Caso em Uma indústria Vinícola**. GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, Bauru, Ano 12, no 4, out-dez/2017, p. 57-77. 2017.

FORSMAN, W. R. Why is the laboratory an afterthought for managed care organizations? *Clinical Chemistry*, v. 42, n. 5, p. 813-816, 1996.

GONÇALVES, J. P. **Desempenho Organizacional**. In Semanário Econômico, nº 815. 2002.

GONÇALVES, W. P.; MORAIS, S. F. A; SILVA, A. A; ARAUJO, I. F; BARBOSA, B. A. **O uso de ferramentas da qualidade visando a padronização do tamanho da massa da lasanha produzida em uma indústria alimentícia**. Anais do XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2012.

GOPAL, P.R.C.; THAKKAR, J. A review on supply chain performance measures and metrics: 2000-2011. *International Journal of Productivity and Performance Management*, v. 61, n.5, p. 518 -547, 2012.

GRABILL, S.T. **Driving OEE: A strategy for business results**. *Plant Engineering*, v. 66, n. 8, p. 41, 2012.

GUNASEKARAN, A., PATEL, C.; TIRTIROGLU, E. Performance measures and metrics in a supply chain environment. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 21, n.1/2, p. 71-87, 2001.

HANSEN, R.C. **Eficiência Global dos Equipamentos – uma poderosa ferramenta de produção/manutenção para o aumento dos lucros**. Porto Alegre, Bookman, 2006.

IANNOME R, NENNI ME. **Managing OEE to Optimize Factory Performance, Operations Management**. Prof. Massimiliano Schiraldi (Ed.), InTech, 2013. Disponível em: <https://www.intechopen.com/books/operations-management/managing-oee-to-optimize-factory-performance>. Acesso em: 22 jan. 2018.

JAIN, A.; BHATTI, R.; SINGH, H. Total productive maintenance (TPM) implementation practice. *International Journal of Lean Six Sigma*, v. 5, n. 3, p. 293-323, 2014.

JONSSON, P.; LESSHAMMAR, M. Evaluation and Improvement of Manufacturing Performance Measurement Systems – the role of OEE. *International Journal of Operations and Production Management*, v. 19, n. 1, p. 55-78, 1999.

JURAN, J. M. **Quality planning and analysis; from product development through use.** New York McGraw-Hill 199634. 1993.

KAPLAN, R.S.; NORTON, D.P. **A estratégia em ação: balanced scorecard.** 10 Ed. São Paulo, Campus, 1997.

KING, N. C.; PINHEIRO DE LIMA, E.; GOUVÊA DA COSTA, S. E. **Produtividade Sistêmica: Conceitos e Aplicações.** Production, v. 24, n. 1, p. 160-176, 2014.

LANZA, G.; STOLL, J.; STRICKER, N.; PETERS, S.; LORENZ, C. **Measuring Global Production Effectiveness.** Procedia CIRP, v. 7, p. 31-36; 2013.

LIPPI G. Governance of pre-analytical variability: traveling the right path to the bright side of the moon? *Clin Chim Acta.*; v.404, n. 1, p. 32-6; 2009.

LUNDBERG GD. Acting on significant laboratory results. *Jama.* V. 245, p. 762-3, 2009.

LJUNGBERG, O. Measurement of Overall Equipment Effectiveness as a Basis for TPM Activities. *International Journal of Operations and Production Management*, v. 18, n. 5, p. 495507, 1998.

MARTINS, R. A. Indicador de Desempenho para a Gestão pela Qualidade Total: Uma proposta de sistematização. *Revista Gestão & Produção*, v.5, n.3, p. 298-311; 2013.

MACCAY L., LEMER C., WU AW. Laboratory safety and the WHO World Alliance for Patient Safety. *Clin Chim Acta.* v. 404, n. 1, p.6-11; 2009.

MS, RDC 302/2005. Ministério da Saúde. Resolução RDC N 302, de 13 de outubro de 2005a. Diário Oficial da União de 14 de outubro de 2005. Disponível em: < http://www.mte.gov.br/legislacao/Portarias/2005/p_20051111_485.pdf >. Acesso em 22 de jan. 2018.

MORAES, P. **Manutenção produtiva total: estudo de caso em empresa automobilística.** Taubaté: Universidade de Taubaté, 2004.

MOUBRAY, J. **Reability-centered maintenance.** New York: Industria Press Inc., 1997.

NACHIAPPAN, R. M.; ANANTHARAMAN, N. Evaluation of overall line effectiveness (OLE) in a continuous product line manufacturing system. *Journal of Manufacturing Technology Management*, v. 17, n. 7, p. 987-1008, 2006.

NAKAJIMA, S. **Introduction to TPM: Total Productive Maintenance.** Productivity Press;. Cambridge, MA. 1988.

NEELY; A. et al. Realizing strategy through measurement. *Internaticonal Journal of Operation & Production Management*, Bradford, v. 15, 1991 n. 2, p 140-152, 1994.

PALADINI, E. P. **Gestão da Qualidade: Teoria e Casos.** 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

PARMEMTER D. **Winning KPIs revisited**. New Zealand Management, v.49, n. 9, p.49-51, 2002.

PLEBANI, M. Towards quality specifications in extra- analytical phases of laboratory activity. *Clin Chem Lab Med*. v.42 p. 576-7, 2004.

RAGO, S. F. T. **Atualidades na gestão da manufatura**. São Paulo: IMAM, 2003.

RIANI, A. M. **Estudo de Caso: O Lean Manufacturing Aplicado na Becton Dickinson**. Tese de Engenharia de Produção, 44 p. - Universidade Federal de Juiz de Fora, UFJF, Minas Gerais. 2006.

RIBEIRO, M.L.G; PAES, L. R; KLEIMANN, F.J. **Aplicação da metodologia OEE para análise da produtividade do processo de descobertura de carvão mineral em uma mina a céu aberto**. Engenharia de produção. São Carlos SP, 2010.

SALGADO, C. C. R. et al. **Gestão por processos e ferramentas da qualidade: o caso da coordenação de um curso de graduação**. Teklme e Logos. Botucatu, SP, v.4, n.1.2013.

SAMUEL J. B.; UTHIYAKUMAR, M. M.; SRIKAMALADEVI, M. **The use of SMED to eliminate small stops in a manufacturing firm**. Journal of Manufacturing Technology Management, v. 24, n. 5 p. 792-807, 2013.

SÁNCHEZ, A. M.; PÉREZ, M. P.; Lean indicators and manufacturing strategies. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 21, n. 11, p. 1433-1451, 2001.

SBPC. **Recomendações da sociedade brasileira de patologia clínica/ medicina laboratorial (sbpc/ml): Coleta e Preparo da Amostra Biológica**. Sociedade Brasileira de Patologia Clínica/Medicina Laboratorial ED. 1ª edição – 2014 p.311.

SHIBA, S; GRAHAM, A. & WALDER, D. **A new American TQM, Portland**. Productivity Press, 1993.

SIEMENS. Automation Aptio. Disponível em: <<https://www.healthcare.siemens.com.br/laboratory-automation/systems/aptio-automation/technical-specifications>>. Acesso em 05 fev. 2018.

SILVA, J.P. A. **OEE – A Forma de Medir a Eficiência dos Equipamentos**. Disponível em: www.scribd.com. Acesso em: 03 jan. 2018.

SILVA, Sergio Evangelista et al. **Proposta de um modelo das áreas de decisão da estratégica competitiva: aplicação em uma grande usina siderúrgica**. Revista Eletrônica Produção em Foco, v.6, n.1, 2016.

SINK, D. Scott, TUTTLE, Thomas C. **Planejamento e medição para a performance**. Tradução por Elenice Mazzilli e Lúcia Faria Silva. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1993.

SANTOS L. S; RIBEIRO, J. L. D. **Otimization of assets utilization based on OEE indicator**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS. 2017.

SKIN D.S.; TUTTLE, T.C. **Planejamento e medição para performance**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1993.

SLACK N. **Vantagens competitivas em manufatura: atingindo competitividade nas operações industriais**. São Paulo. Atlas, 2002

SONATAG O. **Analytical interferences and analytical quality**. Clin Chim Acta v. 404, n. 1, p. 37-40, 2009.

TAKAHASHI, Y; OSADA, T. **Manutenção Produtiva Total**. São Paulo: Instituto IMAN, 2000.

TATICCHI, P.; TONELLI, F.; CAGNAZZO, L. **Performance measurement and management: a literature review and a research agenda**. Measuring Business Excellence, v. 14, n. 1, p. 4-18, 2010.

TEZZA, R.; BORNIA, A.C; VEY, I.H. **Sistemas de medição de desempenho: uma revisão e classificação da literatura**. Revista Gestão & Produção, v.17, n.1, p.75- 93, 2010.

TONDATO, R. **Manutenção produtiva total: estudo de caso na indústria gráfica**. Porto Alegre: UFRGS, 2004.

Tsarouhas P. Implementation of total productive maintenance in food industry: a case study. *J Qual Maint Eng*. v. 13, n. 1, p. 5-18, 2007.

Tugwell e Greatbanks. **Overall equipment effectiveness as a measure of operational improvement – A practical analysis**. International Journal of Operations & Production Management. 2000.

WESTGARD, 2014. **Desirable Specifications for Total Error, Imprecision, and Bias, derived from intra- and inter-individual biologic variation**. Disponível em: <https://www.westgard.com/biodatabase1.htm>. Acesso: 12 jan 2018.

WIDE, 2018. The WIDE Workflow Modeling Language. Available at: <http://dis.sema.es/projects/WIDE/Documents/4080-2.pdf>. Acesso: 31 jan 2018.

WFMC, 2018. Management Coalition. The Workflow Reference Model. Disponível em: <http://www.wfmc.org> Acesso: 30 jan, 2018.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T. A mentalidade enxuta nas empresas. Rio de Janeiro: Editora Campos, 1998

8. ANEXOS

ANEXO 1

Code	Event
1210108	Sample Queue : Motor home is not known for inprocess queue move
1210117	Sample Queues: A sensor is not detected in allowed range during move of teh inprocess queue
1300114	Ancillary Reagents: System sensor failed during the move of the ancillary entry
1300117	Ancillary Reagents: A sensor is not detected in allowed range during the move of thr ancillart entry pusher
1320117	Cuvette Loader: A sensor is not detected in allowed range during the move of the ring loader
1400108	Sample Queues: Motor home is not know for sample tip loader move
1400117	Sample Queues: A sensor is not detected in allowed range during move of the sample tip loader
2000106	Reagent Probes: Motor location erro in firmware during a pack-to-pack move of reagente probe
2020121	Reagent Probes: The reagent probe vertical move did not complete within the specifications
2120121	Reagent Probe: The reagent probe vertical move did not complete within the specifications
2220121	Reagebte Probes: The reagent probe vertical move did not complete within the specifications
2300117	Primary Reagents: A senso is not detected in allowed range during a move of the reagent mixer
3000117	Cuvette Loader: A sensor is not detected in allowed range during the cuvette pusher
3010117	Cuvette Loader: A sensor is not detected in allowed range during the move of the cuvette pusher.
3030221	Luminometer: The waste probe move did not complete within the specifications.
3210217	System Fluids: A sensor is not detected in allowed range during the move of dispense diluter
3310217	System Fluids: A sensor is not detected in allowed range during the move of the dispense diluter
3320217	System Fluids: A sensor is not detected in allowed did not during the move of the dispense 2 diluter
3620117	Incubation Ring: A sensor is not detected in allowed range during the move of the incubation ring
3620121	Incubation Ring: The incubation ring move complete within the specifications.
3620124	Incubation Ring: The incubation ring move did not complete within the specifications.
6000001	System: System startup complete
6000006	System: System power up
6000020	System: Sample Start button pressed; the system is starting
6000021	System: Sample Start button pressed; the system is waiting
6000030	System: System is warming up
6000031	System: System is ready
6000032	System: System is in Check Status state
6000033	Sytem: System is inprocess
6000035	System: System is in diagnostics
6000050	System: Sampling started
6000051	System: Sampling complete
6000052	System: Sampling canceled
6000053	System: Sampling not started because homing failed
6000059	Sytem: System cannot start because cuvette supply is low
6000061	System: System cannot start because a system fluid (acid, base, wash 1 or wash 3) is low or a system fluid bottle is not present
6000078	System: Turn System off was selected by operator
6000079	System: User interface startup complete
6000080	System: Turn System Mechanics Off was selected bu operator
6000081	System: Turn System Mechanics On was selected bu operator
6000087	System: RT robotics power up

6000101	Cuvette Loader: Cuvette pusher is offline
6000110	Cuvette Loader: Cuvette conveyor started.
6000111	Cuvette Loader: Cuvette bin is empty
6000115	Cuvette Loader: Vertical cuvette chute is empty
6000116	Cuvette Loader: Cuvette pusher could not push a standard cuvette because none is available
6000117	Cuvette Loader: Cuvette pusher could not push dilution cuvette because none is available
6000200	Sample Queues: Sample inprocess queue is online
6000201	Sample Queues: Sample inprocess queue is offline
6000206	Sample Queues: Tip tray exchange failure because of a sbassembly error
6000218	Sample Queues: Stat rack loaded Rack:
6000222	Sample Queues: Tip loader is online
6000223	Sample Queues: Tip loader is offline
6000224	Sample Queues: System loaded a sample tip tray
6000226	Sample Queues: Tube ejected because there was no worklist request
6000227	Sample Queues: Duplicate sample rack ID . Rack:
6000302	Sample Probe: Sample probe cycle failure
6000306	Sample Probe: Sample probe tip detection failure
6000307	Sample Probe: Sample probe tip verificarion failure
6000308	Sample Probe: No fluid detected in Tube
6000312	Sample Probe: Sample probe firmware detected a clot during aspirantion in Tube
6000313	Sample Probe: Sample probe software detected a clot during aspirantion in Tube
6000315	Sample Probe: Sample probe software detected a clot during dispense in Tube
6000322	Sample Probe: Sample dispense canceled due to Laboratory Automation System queue empty
6000323	Sample Probe: Sample dispense canceled due to no tube at aspirate position. Expected Tube
6000324	Sample Probe: Sample dispense canceled due to wrong tube at the aspirate position. Expected Tube Received Tuber
6000326	Sample Probe: Sample integrity error Type in Tube:
6000327	Sample Probe: Sample integrity error Type 2 in Tube:
6000328	Sample Probe: Sample tube has insufficient fluid for required aspirantion for Tube
6000410	Ancillary Probe: Ancillary probe volume check failure. Product Code-Lot-Serial Number: Position :
6000505	Ancillary Queue: Ancillary pusher is offline
6000508	Ancillary Queue : Ancillary pack was loaded in Proosition
6000509	Ancillary Queue : Ancillary pack was ejected from Proosition
6000601	Reagent Probes: Reagent probe is offline
6000604	Reagent Probes: Reagent probe is online
6000605	Reagent Probes: Reagent probe is offline
6000633	Reagent Probes: Reagent probe volume check failure. Product Code-Lot-Serial Number:
6000634	Reagent Probes: Reagent probe 2 volume check failure. Product Code-Loest-Serial Number
6000704	Primary Reagents: Reagent mixer door opened
6000705	Prmary Reagents : Reagent mixer door closed
6000712	Primary Reagents: Reagent barcode scan complete
6000714	Primary Reagentes: Reagent barcode scan faililure. Position:
6000801	Incubation Ring: Ring is offline
6000913	Aspirate & Wash: Dispense diluter is offline
6000916	Aspirate & Wash: Dispense 2 diluter is offline
6000919	Aspirate & Wash: Dispense 3 diluter is offline
6000990	Sytem: The System successfully recovered from a critical error

6000992	System: The system is attempting to recover from a critical error
6001324	Waste: Vacuum low
6001500	Diagnostics: Empty & Fill Ring completed
6001502	Diagnostics: Empty Ring completed
6001504	Diagnostics: Home system completed
6001505	Diagnostics: Home system failed
6001532	Diagnostics: Dark Count with Cuvette completed.
6001533	Diagnostics: Dark Count with Cuvette failed.
6001543	Diagnostics: Prime System has completed
6001549	Diagnostics: Empty & Fill Ring failed during operation
6001600	Lab Automation: Lab automation subsystem is online
6001601	Lab Automation: Lab automation subsystem is offline
6001602	Lab Automation: First Tube has arrived
6001603	Lab Automation: System Reset Queue command received
6001605	Lab Automation: No acknowledgement from the lab automation system
6001609	Lab Automation: Lab automation communication errors occurred while the ADVIA CENTAUR XP system was in the Inprocess state
6001612	Lab Automation: Index Queue command - Response is invalid because an unexpected was presented
6001619	Lab Automation: Send SID command - Command was ca
6001628	Lab Automation: Send SID - Response to the Send SID command was not received within the timeout period.
6001632	Lab Automation : Add Tube command - ADVIA CENTAUR XP system rejects Tube because the laboratory automation system is offline.
6001636	Lab Automation: Add Tube command - Advia Centaur XP system rejects Tube Because the system is not process samples
6001701	Maintenance: Maintenance activity complete
6001702	Maintenance: Maintenance activity not started because homing failed
6001705	Maintenance: Maintenance activity cannot start due to current system state
6001706	Maintenance: Maintenance activity cannot start
6001709	Maintenance: Rinsing started
6001710	Maintenance: Rinsing complete
6001711	Maintenance: Rinsing failed
6001713	Maintenance: Daily cleaning procedure started
6001714	Maintenance: Daily cleaning procedure complete
6001715	Maintenance: Daily cleaning procedure failed and the system is in Cleaning Failed state
6001717	Maintenance: Daily cleaning procedure failed and rinsing has started
6001719	Maintenance: Monthly cleaning procedure started
6001720	Maintenance: Monthly cleaning procedure complete
6001725	Maintenance: Priming water reservoir started
6001726	Maintenance: Prime Water from Reservoir to manifolds complete
6001761	Maintenance: Database maintenance was completed successfully
7000003	Software: I/O Server process failed
7000017	Software: System lost power while operating
7000103	Software: Reset Test Calibrations was performed
7000324	Data Administration: Backup completed

ANEXO 2

**ADVIA Centaur XP Automated Chemiluminescence
System**
Centaur 01
5584
**Test Utilization
Data**
**LAB SABIN -
CENTAUR 1**
 Cod. Automação
 Shift 00024

09/jan/18 11:33

Page 1

		Starting Date	Ending Date		
		01 Dec 17	31 Dec 17		
Teste Name	Assays Code	Patient Orders	Calibrators	Controls	Total Tests Used
COR	19	1.330	36	97	1.481
FSH	33	2.668	20	96	2.806
FT3	6	1.154	40	109	1.310
FT4	113	7.225	58	114	7.492
FreePSA	120	1.129	38	99	1.279
LH	30	2.399	22	100	2.542
PRGE	59	1.165	22	100	1.309
PRL	31	1.984	12	90	2.102
PSA	32	1.788	14	92	1.913
T3	4	1.854	18	96	1.980
T4	3	1.205	16	90	1.342
TSH3UL	114	9.422	42	111	9.662
TSTO	36	2.538	30	104	2.714
Ee2	127	1.794	38	110	1.950
TOTAL		37.655	406	1.408	39.882

**ADVIA Centaur XP Automated
Chemiluminescence System**

Centaur 01 5584
09/jan/18 11:33

Test Utilization Data
LAB SABIN -
CENTAUR 13
Cod. Automação Shift
00027

Page 1

			Starting Date	Ending Date	
			01 Dec 17	31 Dec 17	
Teste Name	Assays Code	Patient Orders	Calibrators	Controls	Total Tests Used
COR	19	950	28	95	1.075
FER	12	4.262	10	80	4.367
FSH	33	1.610	28	91	1.731
FT3	6	663	20	89	773
FT4	113	5.266	26	86	5.385
FreePSA	120	663	34	91	790
LH	30	1.466	18	84	1.570
PRGE	59	900	22	91	1.015
PRL	31	1.502	4	74	1.584
PSA	32	1.121	6	76	1.209
T3	4	1.133	10	76	1.221
T4	3	732	8	75	817
TSH3UL	114	6.493	14	78	6.591
TSTO	36	2.762	10	75	2.863
Ee2	127	1.537	21	81	1653
TOTAL		31.060	259	1.242	32.644

9. APÊNDICE

D – Disponibilidade (*factor*) – *Availability rate* – A percentagem de tempo planejado de produção, durante a qual a operação do equipamento não é afetado por um mau funcionamento, ou outro acontecimento não planejado, que provoque a sua parada. O equipamento deve estar disponível quando há plano de produção. Mede a confiabilidade do equipamento para produzir de acordo com as necessidades do Cliente.

Eficácia – *Effectiveness* – Mede o grau de atingimento da capacidade produtiva de uma máquina, processo ou instalação, comparando a produção real de produtos sem defeito obtida à primeira, com a produção máxima que essa máquina, processo ou instalação pode produzir.

Eficiência (*factor*) – *Performance rate* – Mede o grau de utilização do recurso do equipamento, para obter uma determinada produção, em um determinado período de tempo. É o quociente entre a cadência média real e a cadência planejada ou o quociente entre a produção real total obtida e a produção planejada.

Equipamento – *Equipment* – Uma máquina isolada, uma linha de produção automatizada, uma célula de trabalho ou um sistema/linha de produção completo. É importante que os limites/fronteiras do equipamento estejam definidos e sejam claros.

Paradas não planejadas – *Unplanned downtime* – O tempo perdido de produção devido à paradas não planejada (registadas).

Paradas planejadas – *Planned downtime* – Tempo planeado para realizar a manutenção planejada (preventiva), testes e validação de produção e a manutenção autônoma (pelo operador). Em equipamentos dependentes do operador para funcionar, consideram-se também os intervalos para abastecimento.

Perdas de qualidade – *Quality losses* – O tempo perdido a produzir produtos que não cumprem as especificações de qualidade. Para o OEE, sucata, retrabalho ou produto de segunda escolha são o mesmo, isto é, não é produto bom à primeira e, conseqüentemente, constituem perdas de qualidade.

Qualidade (*factor*) – *Quality rate* – Um dos três fatores do OEE. Tem em consideração as perdas de qualidade (produto que não cumpre as especificações à primeira). Mesmo que o produto possa ser reprocessado de modo a cumprir as especificações, para o OEE, é considerado defeituoso. É o quociente entre a quantidade de produto bom à primeira e a quantidade total produzida.

Tempo planejado de produção – *Loading time* – Tempo total que o equipamento está planejado para produzir. É o ponto de partida para o cálculo do OEE. Também chamado tempo teórico de produção

Tempo real de produção – *Net production time* – Tempo em que o equipamento está produzindo à cadência nominal. Este tempo não é medido pelo operador, mas sim obtido pela multiplicação da quantidade total de produto produzido (bom e rejeitado) pela cadência nominal.

Tempo total – *Total (calendar) time* – O tempo de calendário total de um período de análise do OEE, considerando as 24 horas do dia, os 7 dias da semana e as 52 semanas do ano. Representa a quantidade máxima teórica de produto bom que um equipamento poderia produzir, se nunca parasse e funcionasse à cadência nominal.

Tempo total de operação – *Total operations time* – O tempo total que o equipamento está à disposição das operações (para produzir ou sofrer intervenções de manutenção e engenharia)

Taxa de utilização bruta – *Asset utilization* - A percentagem do Tempo Total (TT) em que o equipamento está funcionando.

Taxa de utilização da capacidade – *Capacity utilization* - A percentagem de tempo que um equipamento está planejado para produzir, em relação ao Tempo Total (TT). Mostra o potencial teórico disponível para planejar produção.

Tempo útil de produção – *Valuable production time* – Tempo em que o equipamento produz produto bom à primeira, com base na cadência normal. Este tempo não é medido pelo operador mas sim obtido pela multiplicação da quantidade total de produto bom produzido à primeira pela cadência nominal. É o tempo que agrega valor ao produto.

Tempo de ciclo de produção – *Cycle time* – O tempo para produzir exame clínico.

Tempo de ciclo nominal – *Ideal cycle time* – O tempo de ciclo mínimo possível, em um determinado período de tempo, que permite obter produto com garantia de qualidade.

Velocidade/cadência nominal – *Ideal run rate* - A velocidade/cadência máxima ideal para um equipamento produzir.